

COMPOSES VOLATILS ET PARTICULAIRES EMIS PAR DES DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES

PRESSENS : Définition d'un
protocole d'essai,
évaluation des émissions et
analyse des risques sanitaires

RAPPORT



EXPERTISES

Oct.
2021

REMERCIEMENTS

Mélanie NICOLAS, CSTB, coordination, comité de pilotage & rédaction
François MAUPETIT, CSTB, relecture
Priscilla THIRY, CSTB, validation des données & rédaction
Anaïs MADAULE, Coline DUMOLARD, Alice DELAGOUTTE, Anaëlle GABET, Anaëlle MOLLARET-PONCHON, CSTB, contributions techniques

Etienne QUIVET, LCE, comité de pilotage & rédaction
Laetitia GACEM, Brice TEMIME-ROUSSEL, contributions techniques

Guillaume KARR, Ineris, comité de pilotage & rédaction
Nathalie VELLY, Ineris, relecture
Marine RAMEL, Ineris, relecture

Isabelle AUGEVEN-BOUR, ADEME, comité de suivi & relecture
Souad BOUALLALA-SELMi, ADEME, comité de suivi & relecture
Nadine DUESO, ADEME, relecture

CITATION DE CE RAPPORT

Mélanie NICOLAS, Guillaume KARR, Etienne QUIVET. 2021. Composés volatils et particuliers émis par les désodorisants non combustibles : définition d'un protocole d'essai, évaluation des émissions et analyse des risques sanitaires / Projet PRESSENS. 102 pages.

Cet ouvrage est disponible en ligne www.ademe.fr/mediatheque

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause est illicite selon le Code de la propriété intellectuelle (art. L 122-4) et constitue une contrefaçon réprimée par le Code pénal. Seules sont autorisées (art. 122-5) les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé de copiste et non destinées à une utilisation collective, ainsi que les analyses et courtes citations justifiées par le caractère critique, pédagogique ou d'information de l'oeuvre à laquelle elles sont incorporées, sous réserve, toutefois, du respect des dispositions des articles L 122-10 à L 122-12 du même Code, relatives à la reproduction par reprographie.

Ce document est diffusé par l'ADEME

ADEME

20, avenue du Grésillé

BP 90 406 | 49004 Angers Cedex 01

Numéro de contrat : 1762C0002

Étude réalisée par le CSTB, le LCE et l'Ineris pour ce projet cofinancé par l'ADEME

Projet de recherche coordonné par : Mélanie NICOLAS (CSTB)

Appel à projet de recherche : CORTEA 2017

Coordination technique - ADEME : Isabelle AUGEVEN-BOUR
Direction Villes et Territoires Durables / Service qualité de l'air

SOMMAIRE

RÉSUMÉ	5
ABSTRACT.....	6
1. PRESENTATION DU PROJET	7
1.1. Contexte	7
1.2. Positionnement	8
1.3. Etat de l'art au début du projet.....	9
1.4. Objectifs	10
2. CONSTITUTION DU PANEL DE DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES DU PROJET PRESSENS	11
2.1. Critères de sélection des désodorisants non combustibles du panel.....	11
2.2. Description des désodorisants non combustibles sélectionnés	12
2.3. Composition des désodorisants non combustibles	14
2.3.1. Données fournies par les fabricants	14
2.3.2. Analyse des compositions en laboratoire	15
2.3.3. Comparaison des différentes données de composition	16
2.4. Conclusions	24
3. EVALUATION DES EMISSIONS DE DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES EN CONDITIONS MAITRISEES.....	24
3.1. Méthodologie : mise au point d'un protocole de mesure des émissions pour les désodorisants non combustibles	24
3.1.1. Paramètres d'essais	25
3.1.2. Métrologie.....	28
3.1.3. Détermination des facteurs d'émissions spécifiques.....	29
3.2. Caractérisation des émissions des désodorisants non combustibles.....	29
3.2.1. Robustesse du protocole	29
3.2.2. Emissions de COV.....	32
3.3. Conclusions	37
4. EVALUATION DES EMISSIONS DE DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES EN CONDITIONS REALISTES	38
4.1. Constitution du panel de désodorisants non combustibles	38
4.2. Méthodologie	38
4.2.1. Présentation de la maison expérimentale MARIA.....	38
4.2.2. Composés mesurés et métrologie associée.....	40
4.2.3. Protocoles d'essai	40

4.3. Evaluation des émissions	41
4.3.1. Cohérence des approches métrologiques	41
4.3.2. Emissions de COV	42
4.4. Conclusions	49
5. ÉVALUATION DES EXPOSITIONS ET DES RISQUES SANITAIRES LIES AUX EMISSIONS MESUREES DANS LA MAISON EXPERIMENTALE MARIA..	50
5.1. Caractérisation de la toxicité des substances émises	50
5.1.1. Toxicité des substances chimiques – généralités	50
5.1.2. Choix de valeurs de toxicité	51
5.2. Evaluation des expositions	55
5.2.1. Sondage national sur les usages : présentation et utilisation des résultats obtenus	55
5.2.2. Expositions chroniques	58
5.3. Caractérisation des risques sanitaires	61
5.3.1. Méthode de quantification	61
5.3.2. Indicateurs de risque obtenus	62
5.4. Discussion des incertitudes	69
5.4.1. Caractérisation des usages, par l'intermédiaire d'un sondage	69
5.4.2. Autres paramètres permettant de construire des concentrations moyennes inhalées 70	
5.4.3. Caractérisation des émissions	70
5.4.4. Caractérisation des concentrations d'exposition	71
5.4.5. Quantification des risques	71
5.5. Comparaison avec les résultats existants – revue de la littérature scientifique	73
5.5.1. Evaluations d'expositions existantes	73
5.5.2. Evaluations de risques existantes dans la littérature	73
5.5.3. Autres types de résultats existants	79
5.6. Conclusions de l'ERS	79
6. CONCLUSIONS	82
7. RECOMMANDATIONS	84
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	88
INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES	99
SIGLES ET ACRONYMES	102

RÉSUMÉ

Le présent projet PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, s'intéresse à l'impact, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants, des polluants volatils et particuliers émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles. Il a été mené par la Direction Santé Confort du CSTB, le Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris.

Les objectifs du projet sont de proposer une méthodologie robuste afin d'évaluer les émissions volatiles et particulières de désodorisants non combustibles, en conditions maîtrisées en laboratoire puis en conditions réalistes lors d'une campagne de mesures dans une maison expérimentale, et enfin de réaliser une analyse sanitaire des risques potentiels liés à l'utilisation des désodorisants en air intérieur.

Dans un premier temps, un panel de désodorisants non combustibles est constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de distribution, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques.

Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable sont réalisées pour chaque désodorisant non combustible. La comparaison des données expérimentales ainsi obtenues, associée au recueil des éléments fournis par les fabricants sur les étiquettes des désodorisants non combustibles, met en évidence (i) une information parcellaire mise à disposition des utilisateurs et (ii) la nécessité de réaliser une analyse non seulement de la composition liquide, mais également de la fraction organique volatilisable afin de disposer d'indications fiables et pertinentes concernant la composition globale des désodorisants non combustibles.

Ensuite, une méthodologie d'évaluation des émissions est élaborée afin de définir un protocole robuste et fiable permettant de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques en composés organiques volatils des désodorisants non combustibles. Une dizaine de désodorisants non combustibles sont ensuite évalués selon ce protocole et leurs facteurs d'émissions spécifiques en composés volatils déterminés.

Dans un troisième temps, les émissions de plusieurs désodorisants non combustibles sont évaluées en conditions réalistes dans la maison expérimentale MARIA du CSTB. Cette campagne in situ permet de disposer d'un nombre significatif de données d'émissions réalistes en terme de composés organiques volatils et de particules émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles. Ainsi, des informations sont fournies sur l'exposition réelle des occupants aux polluants volatils et particuliers lors de l'utilisation de ces désodorisants non combustibles. Sont notamment comparées la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés ainsi que la stabilité des émissions pour un même désodorisant. Ces données d'émission constituent également un ensemble de valeurs repères utilisées lors de la définition de la méthodologie d'évaluation des émissions de ces désodorisants non combustibles en chambres d'essai à échelle réduite.

Pour finir, afin d'identifier les substances émises les plus préoccupantes, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés, la démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages, permettant de construire des scénarios d'exposition génériques, et (ii) des concentrations mesurées dans la maison MARIA. Les résultats obtenus suggèrent (i) que les expositions chroniques les plus courantes sont non préoccupantes ; (ii) un besoin de réduire les expositions chroniques les plus fortes (acroléine, benzène, limonène) ; (iii) un besoin de réduire les expositions aiguës (1 heure) les plus fortes (acroléine, formaldéhyde). De plus, certaines expositions aiguës aux particules pourraient être préoccupantes. Notamment, concernant les particules fines $PM_{2.5}$, des expositions ont dépassé $100 \mu g/m^3$ pour plusieurs sprays. Concernant les potentielles émissions de substances sensibilisantes et de substances à l'état nanoparticulaire, les risques sont imparfaitement quantifiables, faute de connaissances suffisantes.

ABSTRACT

The PRESSENS research project, winner of the CORTEA 2017 call for projects, focused on the impact, on indoor air quality and occupant exposure, of volatile and particulate pollutants emitted during the use of non-combustible air fresheners (i.e., passive, electric, gentle heat, perfume and essential oil diffusers, sprays and aerosols). It was carried out by the Health and Comfort Department of CSTB, the Environmental Chemistry Laboratory of Aix-Marseille University and the Chronic Risks Department of Ineris.

The objectives of the project were (i) to propose a robust methodology in order to evaluate the volatile and particulate emissions of non-combustible deodorants, (ii) under controlled conditions in the laboratory and (iii) under realistic conditions during a measurement campaign in an experimental house, and (iv) finally to carry out a health analysis of the potential risks associated with the use of air fresheners in indoor air.

Initially, a panel of air fresheners was set up within the framework of the PRESSENS project by integrating several criteria: (i) the type of diffuser, (ii) its operating mode, (iii) its packaging, (iv) the place of sale, (v) the manufacturer and (vi) the presence of specific properties or labels.

Analyses of their liquid composition and of their volatilizable organic fraction were carried out for each tested non-combustible air fresheners. The comparison of emissions data, associated with the collection of elements provided by manufacturers on the labels of non-combustible air fresheners, highlights (i) fragmented information resulting from the elements made available to users and (ii) the need to carry out an analysis not only of the liquid composition, but also of the volatilizable organic fraction in order to have reliable and relevant indications concerning the overall composition of non-combustible air fresheners.

Then, a methodology for evaluating non-combustible air fresheners emissions was developed to define a robust and reliable protocol for determining the specific volatile organic compound emission factors. About ten non-combustible air fresheners were then evaluated according to this protocol and their specific emission factors in volatile compounds determined.

Thirdly, the emissions of several non-combustible air fresheners were evaluated under realistic conditions in the CSTB's MARIA experimental house. This in situ campaign provided a significant amount of realistic emission data in terms of volatile organic compounds and particles emitted during the use of non-combustible air fresheners. Information was provided on the actual exposure of occupants to volatile and particulate pollutants when using these non-combustible deodorants. In particular, the variability of emissions between the different non-combustible deodorants tested was compared, as well as the stability of the emissions for the same deodorant. These emission data also formed a set of benchmarks used in defining the methodology for assessing emissions from these non-combustible deodorants in small scale test chambers.

Finally, in order to identify the substances emitted of the most concern, then to assess the associated health issues, the Health Risk Assessment (HRA) process was implemented, on the basis of (i) a survey national level on uses, making it possible to construct generic exposure scenarios, and (ii) the concentrations measured in the MARIA house. The results obtained suggest (i) that the most common chronic exposures are not of concern; (ii) a need to reduce the strongest chronic exposures (acrolein, benzene, limonene); (iii) a need to reduce the strongest acute exposures (1 hour) (acrolein, formaldehyde). In addition, some acute particulate exposures may be of concern. In particular, concerning fine particles PM_{2.5}, exposures exceeded 100 µg/m³ for several sprays. Concerning the potential emissions of sensitizing substances and substances in the nanoparticulate state, the risks have been imperfectly quantified, due to a

1. Présentation du projet

Les **produits de grande consommation** en général et les produits désodorisants en particulier constituent une source de polluants en air intérieur. **L'exposition à ces polluants est d'autant plus importante qu'elle a lieu dans des milieux confinés, pas toujours bien ventilés, et où l'on passe la grande majorité de notre temps.** De plus, cette exposition reste encore aujourd'hui peu connue.

La loi Grenelle 1 [1] stipule la poursuite des actions visant à améliorer la qualité de l'air intérieur notamment en ce qui concerne les connaissances du rôle des produits de grande consommation. Le Plan National Santé Environnement 3 [2] publié en septembre 2014 intègre le Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur (PQAI) [3] et propose notamment de « travailler sur l'information et l'étiquetage pour certains produits de consommation les plus émetteurs en polluants volatils (tels que les produits désodorisants et produits d'entretien) » (action 49).

De récents travaux de recherche permettent également de disposer d'informations précises sur la pollution issue des produits d'entretien et des désodorisants d'intérieurs. En particulier, le projet de recherche ADOQ [4] s'est intéressé à l'impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur, et les émissions d'une cinquantaine de ces produits ont été analysées en laboratoire et, pour près de la moitié, également en conditions réalistes. Ces travaux ont permis d'améliorer les connaissances sur ces sources de pollution dans les intérieurs et leurs impacts sanitaires. Le projet de recherche PEPS a permis d'élaborer et de proposer un protocole d'essai harmonisé permettant l'analyse des émissions de composés volatils par les produits d'entretien [5]. En ce qui concerne les bougies et les encens, de récents travaux normatifs au sein du groupe de travail WG351 de la Commission Européenne ont abouti à l'élaboration d'un protocole d'essai afin d'évaluer leurs émissions [6] auquel sont associées deux prénormes relatives aux pictogrammes d'informations [7] et à l'analyse de l'exposition [8]. De plus, le projet de recherche EBENE a permis d'améliorer les connaissances sur les émissions des bougies et des encens ainsi que les risques sanitaires associés à leur utilisation, dans les environnements intérieurs [9-12].

1.1. Contexte

L'amélioration de la qualité de l'air des environnements intérieurs passe par le contrôle des sources potentielles d'émissions de polluants et l'optimisation des conditions de ventilation.

La loi n° 2009-967 du 3 août 2009 [1] de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle 1 de l'environnement précise dans l'article 40, plusieurs actions à mettre en place pour permettre de contrôler les sources de pollution de l'air intérieur et notamment :

- L'étiquetage obligatoire des produits de construction, d'ameublement et de décoration, basé sur leurs émissions en polluants volatils,
- L'interdiction des composés cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques (CMR) de catégories 1 et 2 (CE) dans ces produits,
- La publication d'une étude sur la nécessité d'étendre ces mesures à d'autres catégories de produits de grande consommation susceptibles d'émettre des substances volatiles dans (par exemple, les produits d'entretien et désodorisants).

Le décret n°2011-321 du 23 mars 2011 [13] relatif à l'étiquetage des produits de construction et de décoration précise que ces produits ne peuvent être sur le marché que s'ils sont accompagnés d'une étiquette précisant leurs émissions en polluants volatils. Cet étiquetage concerne la plupart des produits de construction et de décoration depuis le 1^{er} septembre 2013 : revêtements de sol, murs ou plafond, cloisons et faux-plafonds, produits d'isolation, portes et fenêtres, produits destinés à la pose ou à la préparation des produits, peintures et vernis d'intérieur.

Ce décret est complété par l'arrêté du 19 avril 2011 [14], qui détaille les modalités de détermination et d'affichage de cette étiquette à apposer sur les produits.

Deux arrêtés relatifs aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2 viennent compléter cet étiquetage [15,16].

La procédure d'évaluation des émissions des produits de construction et de décoration suit les recommandations de la série de normes ISO 16000 [17-19].

Les produits de consommation courante font partie des sources potentielles d'émissions. Ces émissions ainsi que les expositions associées sont encore trop peu connues, et parfois sous-estimées par le grand public [20].

Des rapports préliminaires en vue de l'étiquetage des produits de consommation à usage d'entretien ou de modifications des odeurs ont été rédigés par l'Ineris [21, 22, 23]. Ces études recensent les travaux de recherche publiés dans ce domaine et proposent des composés organiques volatils cibles à intégrer dans une réglementation future concernant les désodorisants (bougies, encens, désodorisants non combustibles), et les produits d'entretien.

Parmi les actions du Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur (2013) [3], intégré au troisième Plan National Santé Environnement (2015-2019) [2] il a été annoncé que « *les produits les plus polluants, par exemple les encens qui émettent plus de 2 µg.m⁻³ de benzène, seront interdits* ». La mise en œuvre de cette action n'était pas possible en l'état car il n'existait pas de méthodologie normalisée permettant d'identifier les produits concernés.

Grâce au projet de recherche EBENE [12] et aux référentiels normatifs désormais disponibles pour les désodorisants combustibles [6-8], il est maintenant possible de réaliser une évaluation robuste des émissions liées à l'utilisation des bougies et des encens.

Toutefois, il n'en est pas de même pour les désodorisants non combustibles (diffuseurs de parfums et d'huiles essentielles actifs ou passifs), pour lesquels **il n'existe pas de cadre réglementaire et/ou normatif**. Les connaissances sur les émissions de composés volatils et particulaires par ces produits sont encore parcellaires et doivent être améliorées, tout comme les expositions et les enjeux sanitaires associés à leur utilisation, pour les occupants. Des données sont encore à apporter sur la nature précise des polluants émis, leurs niveaux d'émission ainsi que leur variabilité. L'impact des conditions environnementales (température, humidité relative, renouvellement d'air notamment) sur les émissions de polluants par ces produits doit également faire l'objet d'études dédiées.

1.2. Positionnement

Le présent projet PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, s'est intéressé à **l'impact, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants, des polluants volatils et particulaires émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles**. Il a été mené par la Direction Santé Confort du CSTB, le Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris. Les produits étudiés sont les diffuseurs de parfums d'ambiance et d'huiles essentielles passifs (solides ou matériaux imbibés) ou actifs (à chaleur douce, à ultrasons, sprays, aérosols).

Ainsi le projet a permis de répondre aux points suivants :

- **L'amélioration des connaissances** sur les émissions en polluants volatils et particulaires par les désodorisants non combustibles utilisés dans les environnements intérieurs ;
- La **proposition d'un protocole d'essai robuste** pour étudier les émissions des désodorisants non combustibles, pour lesquels il n'existe à l'heure actuelle pas de protocole normalisé ;
- La **caractérisation des expositions et des enjeux sanitaires** liés à l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, pour les occupants.

En effet, de récentes études françaises se sont intéressées à l'impact des produits désodorisants sur la qualité de l'air intérieur. Toutefois, pour les désodorisants non combustibles, des données sont encore à apporter sur la typologie des polluants émis, leurs niveaux de concentrations ainsi que leur variabilité.

De plus, si une norme est désormais disponible pour les désodorisants combustibles [6-8], il n'en est pas de même pour les désodorisants non combustibles pour lesquels il n'existe pas, à l'heure actuelle, de protocole d'essais harmonisé spécifique. Les connaissances concernant l'impact des conditions environnementales sur les émissions de ces polluants sont également à affiner.

Ainsi, l'exposition réelle des occupants aux polluants émis par les désodorisants non combustibles, ainsi que les risques sanitaires associés, seront évalués et une méthode simple de caractérisation de ces émissions sera proposée. Cette méthodologie pourra être directement applicable lors de la mise en place d'une réglementation sur le contrôle des émissions en polluants volatils des désodorisants non combustibles.

Plus généralement, ce projet fait partie d'une démarche générale visant à mieux connaître les émissions et les expositions liées à l'utilisation de produits de consommation courante. Il s'inscrit dans la continuité de deux projets de recherche : le projet EBENE [12] qui porte sur la connaissance des émissions de composés volatils et particulaires par les bougies et les encens et des risques sanitaires associés, ainsi que le projet PEPS [5] qui fournit un protocole d'essai harmonisé permettant d'évaluer les émissions de composés volatils par les produits ménagers.

Le but du projet PRESSENS est d'améliorer les connaissances sur les émissions de composés volatils et particulaires par les désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, ainsi que sur les expositions et les enjeux sanitaires associés à leur utilisation pour les occupants, et de proposer une méthodologie simple d'évaluation des émissions par ces produits.

Il est à noter que la réactivité des émissions de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, et notamment les interactions avec les surfaces et avec les oxydants potentiellement présents, tels que l'ozone, a été abordée dans le cadre du projet de recherche ESSENTIEL [24].

1.3. Etat de l'art au début du projet

La qualité de l'air intérieur est liée principalement à trois facteurs : (i) la qualité de l'air extérieur, (ii) les conditions de ventilation et (iii) les sources de pollution présentes dans les environnements intérieurs. Lorsque le rapport des concentrations mesurées dans l'air intérieur sur les concentrations mesurées dans l'air extérieur est très nettement supérieur à 1 (ce qui est par exemple le cas du formaldéhyde et du toluène, dans les logements français [25]), cela révèle la prépondérance des sources de pollution intérieures. **L'amélioration de la qualité de l'air des environnements intérieurs passe par le contrôle des sources potentielles d'émissions de polluants et l'optimisation des conditions de ventilation.**

Les sources de pollutions intérieures sont nombreuses et variées : les occupants et leurs activités (fumée de tabac, activités de cuisine, de nettoyage, de bricolage, etc.), les produits de construction, de décoration, d'ameublement et de bureautique, mais aussi les désodorisants d'intérieur et les produits d'entretien. Ainsi, selon la composition chimique et la toxicité de cette pollution, différents effets sur la santé sont reportés : irritation de la peau et des yeux, problèmes respiratoires, maux de tête, allergies mais également risque de développer des maladies chroniques, tel que l'asthme, ou plus graves telles que les cancers [26-29].

L'exposition des populations à des espèces potentiellement polluantes est d'autant plus importante dans les environnements intérieurs que : (i) la population y passe près de 90 % de son temps (logement, bureau, moyen de transport, école, crèche) ; (ii) les émissions y sont « diluées » dans de très faibles volumes, souvent faiblement ventilés.

Il apparaît donc indispensable de mieux **caractériser les différentes sources de pollution dans les environnements intérieurs** et leur contribution respective sur la qualité de l'air intérieur. Ces connaissances permettent ensuite de réaliser une évaluation de l'exposition des occupants aux composés présents dans l'air intérieur, ainsi que les risques associés, et une identification des actions possibles à mettre en œuvre pour réduire et limiter l'exposition des populations. « *La compréhension des émissions primaires et secondaires ainsi que des processus chimiques associés est essentielle à l'évaluation de la qualité de l'air intérieur* » concluent Uhde & Salthammer [30] dans leur revue sur l'impact des produits de réaction issus des émissions de produits de construction et des produits de consommation sur la qualité de l'air intérieur.

Des travaux de recherche récents ont montré l'impact des désodorisants d'intérieur sur la qualité de l'air intérieur. Des études se sont intéressées spécifiquement aux désodorisants combustibles et ont ainsi identifié, quantifié et caractérisé les émissions des principaux polluants volatils, dont le benzène et le formaldéhyde [9-12, 32, 34, 35] et de particules fines et ultrafines [9, 31, 33] par ces produits.

En ce qui concerne les **désodorisants non combustibles** (appelés également parfums d'ambiance), les émissions de diffuseurs électriques et de diffuseurs passifs ainsi que de sprays ont été évaluées au cours du projet de recherche européen EPHECT [38]. Pour les diffuseurs électriques, les niveaux de composés organique volatils totaux (COVT) observés pouvaient atteindre près 1 000 µg/m³. Des concentrations significatives de nombreux COV ont été identifiées [39], et notamment de dihydromyrcénol et de terpènes (limonène, alpha-pinène, bêta-pinène, alpha-terpinène ; linalol, eucalyptol), 5 heures après la mise en place d'un diffuseur passif. Des travaux de Uhde et Schultz [40] mettent également en évidence l'identification de plus d'une centaine de COV lors de l'utilisation de différents produits désodorisants.

Les majoritaires sont, en plus des composés déjà identifiés lors du projet EPHECT [38], l'acétate de benzyle, le myrcène, le 2-méthyl-2-octanol, etc.

En ce qui concerne les **sprays**, les caractéristiques des particules émises vont dépendre l'orifice de sortie du spray, du temps de pression, etc. [41]. Des particules de diamètres pouvant atteindre 50 µm lors des toutes premières secondes d'utilisation, ont été mises en évidence lors de ces précédents travaux, conduits sur des sprays de produits phytosanitaires. La taille des particules diminue très rapidement du fait de l'évaporation rapide du solvant. Lors des travaux menés sur ces mêmes typologies de produits dits insecticides [36, 37], les mesures réalisées à l'aide d'un compteur optique ont montré que la proportion en masse des particules épanchées par les sprays est majoritaire pour les particules de diamètre compris entre 2 et 10 µm. Ainsi, pour certains sprays, la fraction en masse des particules de diamètre supérieur à 10 µm n'excède pas 6 à 8 %. En revanche, un spray de marque différente a montré une contribution plus importante des particules de diamètre supérieur à 10 µm, qui pouvaient représenter jusqu'à 30 % de la masse totale.

L'ensemble de ces récents travaux de recherche ont apporté des connaissances sur l'impact sanitaire de certains types de désodorisants, notamment ceux impliquant un processus de combustion. Mais peu d'informations sont disponibles concernant les désodorisants non combustibles, qui comportent de nombreuses typologies différentes. Des données sont encore à apporter sur la nature précise des polluants émis, leurs niveaux de concentrations ainsi que leur variabilité. L'impact des conditions environnementales (température, humidité relative, renouvellement d'air notamment) sur les émissions de polluants par ces produits doit également faire l'objet d'études dédiées.

De plus, ces travaux de recherche ont également permis de valider la faisabilité de l'évaluation des émissions en composés volatils de désodorisants selon les référentiels ISO 16000 [6, 8], à l'aide de chambre d'essai d'émission de faible volume. La détermination des émissions des produits, réalisée en chambre d'essais grand volume (25 – 30 m³), présente l'avantage de permettre une bonne caractérisation du niveau d'exposition aux bougies et aux encens des occupants. Toutefois, la mise en œuvre de ces expérimentations est lourde et coûteuse, et il est difficile d'envisager de les conduire en routine.

Ainsi, dans l'objectif d'une réglementation basée sur les émissions en polluants volatils de ces produits dans les environnements intérieurs, il est nécessaire de disposer d'outils à échelle réduite, permettant la détermination de leurs facteurs d'émissions spécifiques et représentatifs des données obtenues à une échelle réelle.

1.4. Objectifs

Le projet de recherche PRESSENS a étudié les émissions volatiles et particulières des désodorisants non combustibles et leur impact sur la qualité de l'air intérieur. Parmi ces produits, sont retrouvés les diffuseurs de parfums d'ambiance et d'huiles essentielles, utilisant des dispositifs passifs (par exemple, solides, matériaux imbibés) ou actifs (par exemple, chaleur douce, ultrasons, sprays, aérosols sous pression).

Dans un premier temps, un **panel de désodorisants non combustibles** est constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de vente, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques. Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable ont été réalisées pour chaque désodorisant non combustible.

Ensuite, afin de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques des composés volatils et particuliers émis par ces désodorisants non combustibles, un **protocole d'évaluation robuste** a été développé. Pour répondre à cet objectif, une étude de robustesse a été menée sur différents paramètres intégrés au protocole d'évaluation des émissions. Ces paramètres ainsi que leurs valeurs ont été déterminés à partir (i) de la littérature et (ii) de travaux réalisés antérieurement sur les bougies et les encens notamment, en les adaptant spécifiquement aux désodorisants non combustibles. Des **scénarios d'exposition et d'utilisation spécifiques** de ces désodorisants non combustibles ont également proposés. Ainsi, un protocole d'évaluation robuste et fiable associant des scénarios de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été mis au point. A partir de ces essais, les **facteurs d'émissions spécifiques** des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été déterminés.

Dans un troisième temps, les **émissions de plusieurs désodorisants non combustibles ont été évaluées en conditions réalistes dans la maison expérimentale MARIA** (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du CSTB. Cette campagne in situ a permis de disposer d'un nombre

significatif de données d'émissions réalistes, avec en particulier des informations sur les polluants émis et leurs niveaux de concentrations, la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés et la stabilité des émissions pour un même diffuseur.

Pour finir, **l'évaluation des expositions et des risques sanitaires** encourus par les occupants lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles a été réalisée, sur la base de ces concentrations mesurées en conditions réalistes.

Le projet PRESSENS est organisé en quatre tâches présentées sur la Figure 1.

Tâche 1 - Management et coordination du projet / CSTB

Tâche 2 - Définition d'un protocole d'essai harmonisé pour mesurer les composés volatils et particuliers émis par les désodorisants non combustibles

- Constitution du panel de désodorisants non combustibles / CSTB, Ineris, LCE, Ademe
- Analyse de la composition des désodorisants non combustibles / CSTB
- Définition d'un protocole d'essai pour l'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles / CSTB, LCE
- Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées / CSTB, LCE

Tâche 3 - Evaluation des expositions aux polluants émis par les désodorisants non combustibles en conditions réelles et des risques sanitaires associés

- Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions réelles / CSTB, LCE
- Evaluation des expositions et des risques sanitaires associés à l'utilisation de désodorisants non combustibles / Ineris

Tâche 4 - Valorisation des résultats / CSTB, Ineris, LCE

Figure 1 : Organisation du projet de recherche PRESSENS

2. Constitution du panel de désodorisants non combustibles du projet PRESSENS

Au cours de cette tâche, un panel de désodorisants non combustibles a été constitué selon des critères déterminés en amont par le consortium, afin d'aboutir à quinze références. Ensuite, les compositions de ces désodorisants non combustibles ont été étudiées :

- D'une part, d'un point de vue réglementaire par la recherche des données fournies par les fabricants ;
- D'autre part, par analyse directe de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable.

2.1. Critères de sélection des désodorisants non combustibles du panel

Au cours de cette première phase, les désodorisants non combustibles à tester ont été sélectionnés, en tenant compte en particulier des résultats d'une étude pilote réalisée en 2016 par le CSTB [42] pour la Direction Générale de la Prévention des Risques (DGPR) ainsi que d'un sondage national sur les usages qui a été réalisé par le Ministère chargé de l'Environnement au printemps 2017 (Annexe 5). La diversité du marché français des désodorisants non combustibles a également été prise en compte lors du choix des désodorisants non combustibles pour permettre une sélection pertinente et en adéquation avec les usages des foyers français. Des désodorisants non combustibles précisant des labels écologiques ou biologiques ont également été intégrés.

Les critères de sélection appliqués concernaient notamment : (i) le **lieu de commercialisation** des désodorisants non combustibles (grandes surfaces, magasins spécialisés, sites internet) ; (ii) le **mode de diffusion** du désodorisant non combustible (diffuseurs électrique, autonome, passif, continu ou non, spray avec gaz propulseur, sous pression ou non etc.) ; (iii) le **type de conditionnement** du désodorisant non combustible (gel, liquide, solide) ; (iv) la présence d'allégations **caractéristiques spécifiques**, tel que

l'assainissement ou l'épuration de l'air intérieur. Ainsi, une quinzaine de désodorisants non combustibles sont choisis pour être évalués en conditions maîtrisées et réalistes.

2.2. Description des désodorisants non combustibles sélectionnés

Le panel de désodorisants non combustibles établi dans le cadre du projet de recherche PRESSENS est présenté en détail dans le Tableau 1. Les caractéristiques des désodorisants non combustibles étudiés sont définies comme suit :

- La **catégorie** de désodorisants correspond au mode de diffusion des composés odorants dans l'air et comprend :
 - Les **désodorisants non combustibles passifs**, pour lesquels la dispersion est continue après ouverture et mise en place du désodorisant ;
 - Les **désodorisants non combustibles actifs**, ou transitoires, pour lesquels une action manuelle ou automatisée, est nécessaire afin de permettre de diffuser les parfums dans l'air ;
- La **typologie** de désodorisants définit le type de présentation du produit et distingue :
 - Pour les désodorisants **non combustibles passifs** :
 - (i) Les désodorisants non combustibles imbibés avec capillaire ou mèche ;
 - (ii) Les désodorisants non combustibles solides.
 - Pour les désodorisants **non combustibles actifs** :
 - (i) Les **diffuseurs à chaleur** ;
 - (ii) Les **diffuseurs à ultra-sons** ;
 - (iii) Les **sprays** ;
 - (iv) Les **aérosols**.

Pour ces deux dernières typologies de désodorisants non combustibles actifs, il est important de préciser leur définition afin de bien identifier leurs spécificités. Ainsi :

- Les **sprays**, se présentent sous la forme d'un flacon contenant une matrice liquide qui est diffusée dans l'air par le biais d'une buse actionnée à l'aide d'un poussoir. Ils ne contiennent pas de gaz propulseur : seule l'action mécanique manuelle permet la montée du liquide vers la buse pour être diffusée sous la forme de gouttelettes. Le principe des sprays peut être assimilé à celui d'un vaporisateur.
- Les **aérosols**, contiennent un gaz propulseur et sont donc sous pression¹. Le liquide contenu dans le récipient est diffusé dans l'air par une action manuelle ou automatique via le gaz propulseur qui va le disperser.

¹ Les aérosols avec gaz propulseur étant des récipients sous pression, ils sont soumis à une obligation d'étiquetage (décret n°2014-840 du 24 juillet 2014 qui transpose la directive 2013/10/UE) afin de préciser notamment (i) la mention de danger, (ii) les conseils de prudence, (iii) le caractère inflammable ou extrêmement inflammable.

Tableau 1 : Présentation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Référence	Catégorie de désodorisants	Type de désodorisants	Fonctionnement	Parfum	Fonctionnement	Origine	Essai Laboratoire	Essai MARIA
PR1	Désodorisants non combustibles passifs	Capillarité/ Mèche	Continu	Verveine	Tiges plongées dans un flacon contenant le produit odorant sous format liquide	MS	X	X
PR2		Capillarité / Mèche	Continu	Lavande	Mèche imbibée de produit odorant sous format liquide	GD	X	X
PR3		Capillarité / Mèche	Continu	A utiliser avec HE	Galet pour diffusion d'huile essentielle	MS	X	X
PR4		Solide	Continu	Lavande	Billes odorantes aqueuses	GD	X	X
PR5		Solide	Continu	Lavande	Gel odorant	GD	X	X
PR6		Solide	Continu	Lavande	Stick odorant	GD		X
PR7	Désodorisants non combustibles actifs	Chaleur	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur électrique à chaleur douce	MS		X
PR8		Chaleur	Continu	Rosée du matin	Diffuseur électrique plug-in, fréquence réglable	GD + MS	X	X
PR9		Ultrasons	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur port-USB	MS	X	X
PR10		Ultrasons	Continu	A utiliser avec HE	Diffuseur électrique avec eau	MS		X
PR11		Spray	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	Ph	X	X
PR12		Spray	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	MS	X	X
PR13		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire manuel	Mélange d'HE	A pulvériser	MS		X
PR14		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire manuel	Lavande	A pulvériser	GD		X
PR15		Aérosol avec gaz propulseur	Transitoire automatique	Pivoine	Autonome, fréquence réglable	GD	X	X

HE : Huile essentielle / GD : grande distribution / MS : magasin spécialisé / Ph : Pharmacie

Plusieurs désodorisants non combustibles du panel PRESSENS impliquaient l'utilisation d'huiles essentielles, qui sont présentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Caractéristiques des huiles essentielles utilisées

Référence	Conditionnement	Nom des huiles essentielles
PR3	Huile essentielle en flacon	eucalyptus citriodora, citronnelle, litsea cubeba, géranium
PR7	Huile essentielle en flacon	arbre à thé, bois de Hô, cajepout, cèdre de l'Atlas, citron, cyprès, eucalyptus globuleux, ravintsara, lavandin grosso, menthe crépue, menthe poivrée, niaouli, orange douce, petit grain bigarade, pin sylvestre, romarin à cinéole, sarriette des jardins, thym à thymol
PR9	Huile essentielle en flacon	orange douce, cèdre atlas, cajepout, menthe poivrée, menthe douce, citron, mandarine
PR10	Huile essentielle en flacon	orange douce, petit grain bigarade, lavandin, mandarinier, bergamotier, lavande vraie, camomille noble
PR11	Spray	aneth, anis vert, arbre à thé, basilic exotique, bay St Thomas, bois de Hô, cajepout, cannelle de Chine, cinnamomum cassia, cèdre de l'Atlas, citron, citronnelle de Java, cumin, cyprès, eucalyptus globuleux, fenouil, genévrier, géranium rosat, gingembre frais, giroflier, lavande vraie, lavandin grosso, lemongrass, macis, mandarine rouge, marjolaine à coquilles, mélisse, menthe crépue, menthe poivrée, myrrhe, miaouli, orange douce, origan vulgaire, persil, petit grain Bigarade, pin sylvestre, romarin officinal à cinéole, sarriette des jardins, sauge officinale, serpolet, thym vulgaire à thymol
PR12	Spray	citron, menthe poivrée et menthe verte, pamplemousse, mandarine, orange, thym thymol, saro, eucalyptus globulus, niaouli, cèdre, lavandin, pin sylvestre, salette, basilic, cannelle, cyprès, lavande, citronnelle, romarin, clou de girofle,
PR13	Spray	lavandula augustifolia flower water, mlaleuca viridiflora leaf oil, citrus limon peel oil, citrus cinensis peel oil expressed, eucalyptus globulus leaf oil, lavandula augustifolia oil, mentha piperita oil, eugenia caryophyllus bud oil, rosmarinus officinalis leaf oil, cinnamomum zeylanicum bark oil,

2.3. Composition des désodorisants non combustibles

Les données de composition fournies par les fabricants ne renseignent pas directement sur les émissions associées à l'utilisation des désodorisants non combustibles. Ainsi, des **analyses complémentaires** ont été réalisées afin d'étudier la composition des désodorisants non combustibles en composés organiques volatils. Ces analyses ont été réalisées pour l'ensemble du panel.

2.3.1. Données fournies par les fabricants

Des recherches de données de composition fournies par le fabricant ont été effectuées pour tous les désodorisants non combustibles recensés.

Pour les substances considérées comme dangereuses au titre du règlement CLP (composés volatils ou non), l'établissement d'une fiche de données de sécurité (FDS) précisant ces substances est nécessaire. En dehors de ces substances dangereuses, les informations relatives aux composés volatils présents dans la composition des désodorisants non combustibles ne sont pas soumises à obligation de déclaration.

Les compositions des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS disponibles auprès des fabricants ont été recueillies d'après les informations présentes sur les étiquettes des diffuseurs et/ou sur les sites internet, et sont présentées en détail dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Compositions des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS fournies par les fabricants

Référence	Composition fournie par le fabricant
PR1	Citral, Hexyl cinnamal, Geraniol, Citronellal, Citronellol, Carvone, Nerol, Pinènes, Eucalyptol, Limonene, Alcool
PR2	Benzisothiazolinone, Methylisothiazolinone
PR3	(pas d'information)
PR4	Hexylcinnamal, Amycinnamal
PR5	Benzisothiazolinone
PR6	Eau, Parfum, carrageenan, Linalol, Benzisothiazolinone, Polysorbate 80, Geraniol, Citronellol, Coumarin, d-Limonène, Butylphenyl methylpropional
PR7	d-Limonène, Pinènes (alpha / bêta), Menthone, Citral, delta-3-Carène
PR8	2,4-Dimethyl-3-cyclohexene, Carboxaldehyde, Amyl cinnamal, Citral, Cyclamen aldéhyde, Limonene, Citrus aurantium dulcis oil, encalyptol, delta-Damascone, 4-tert-Butylcyclohexyl acetate, 2-Methylundecanal
PR9	(pas d'information)
PR10	Limonène
PR11	Ethanol (71%), Géraniol (0.05%), Biocides (TP02, TP18, TP19), Eucalyptol, D-Limonene, Pinènes (α ou β), Linalol, delta-3-carène, Carvone, Menthone, trans-Anéthole (E-Anéthole), Eugenol, Cinnamic aldéhyde
PR12	Limonène, Linalool, Eucalyptol, Pinènes (α et β)
PR13	Alcool, Eau, Parfum, Limonene, Linalool, Citral, Eugenol, Cinnamal, Geraniol, Citronellol, Benzyl benzoate
PR14	Eau, Butane, Propane, Isobutane, Diglycerl oleate, Sodium borate, Isopentane, Parfum, Propylene glycol, Benzyl salicylate
PR15	Hydrocarbures aliphatiques, Linalool, Coumarin, Hexyl cinnamal, Benzyl benzoate, Geraniol, Amyl cinnamal, alpha-Isomethyl, Ionone, Citronellol

2.3.2. Analyse des compositions en laboratoire

2.3.2.1. Composition liquide

La **composition liquide** de chaque désodorisant non combustible a été analysée par chromatographie gazeuse associée à une détection par spectrométrie de masse. Selon la nature du désodorisant non combustible, trois techniques différentes (Figure 2) ont été mises en œuvre pour préparer les échantillons :

- Pour les désodorisants non combustibles solides, des extractions solide / liquide ont été réalisées par ultrasons avec le solvant approprié et l'éluat a été analysé par injection directe dans le système chromatographique.
- Pour les désodorisants non combustibles liquides, des extractions liquide / liquide ont été réalisées avec des solvants appropriés et l'éluat a été analysé par injection directe dans le système chromatographique.
- Pour les désodorisants non combustibles liquides à diffusion par capillarité, une fibre de polydiméthylsiloxane (HiSorb, MARKES) a été mise au contact de la matrice sous forme liquide puis analysée après thermodésorption.

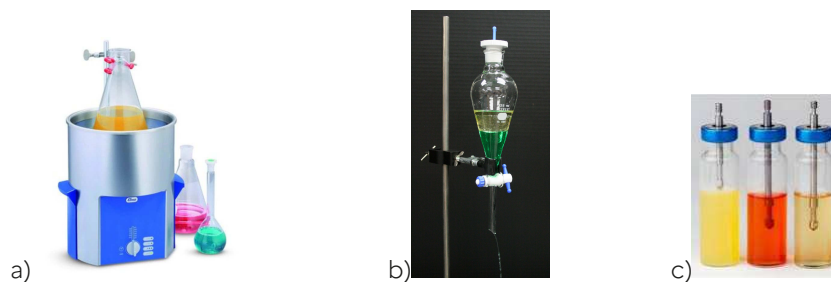


Figure 2 : Illustrations des techniques de préparation des échantillons de désodorisants non combustibles pour l'analyse de leur composition liquide : a) solide/liquide via ultrasons, b) liquide / liquide et c) HiSorb®

2.3.2.2. Fraction organique volatilisable

L'analyse de la **fraction organique volatilisable** a été réalisée selon une méthodologie développée dans le cadre du projet de recherche PEPS [5] à l'aide de micro-chambres d'essais d'émissions (μ CTE, MARKES - Figure 3, norme NF EN ISO 16000-25).



Figure 3 : Micro-chambres d'essais d'émission (μ CTE, MARKES)

Une faible quantité de désodorisant non combustible a été déposée dans une microchambre d'essai ($\sim 5 \mu\text{L}$), balayée par de l'air propre et sec, qui est ensuite chauffée à 40°C . Un prélèvement des COV sur tube adsorbant spécifique a été réalisé pendant 1 heure, juste après la mise en chambre du désodorisant non combustible. Une analyse, après thermodésorption, par chromatographie gazeuse associée à une détection par spectrométrie de masse a permis d'identifier les composés volatils présents dans la composition du désodorisant non combustible, potentiellement émis au cours de leur utilisation.

2.3.3. Comparaison des différentes données de composition

Le Tableau 4 détaille les analyses de composition réalisées pour chaque désodorisant non combustible, et précise la technique de préparation des échantillons. Pour les désodorisants non combustibles PR3, PE7, PR9 et PR10, les analyses ont été réalisées sur les huiles essentielles utilisées avec les diffuseurs et listées dans le Tableau 2. Il est à noter que les conditionnements des références PR13 et PR14 n'ont pas permis de réaliser les analyses de leur composition liquide puisqu'il n'a pas été possible de prélever la matrice.

Les analyses de composition ont permis d'identifier **65 composés pour l'ensemble des compositions liquides et 87 composés pour l'ensemble des fractions organiques volatilisables** (Figure 4). En composition liquide, trois composés ont été retrouvés dans plus de la moitié des désodorisants non combustibles évalués : **le linalool, le limonène et l'eucalyptol**. Ces mêmes composés ont également identifiés le plus fréquemment lors des analyses de la fraction organique volatilisable. Ils ont alors été complétés par le **γ -terpinène, le géraniol et l' α -terpinéol**, présents dans plus de 50% des analyses de fractions.

Compte-tenu du nombre important de composés potentiellement détectés et identifiés, une quantification par rapport au coefficient de réponse spécifique du toluène a été réalisée dans le cadre de l'analyse de la composition des désodorisants, afin de permettre une comparaison facilitée des concentrations des composés. Les concentrations obtenues ont ensuite été rapportées à la quantité de

désodorisant non combustible utilisée pour l'analyse. La masse totale de composés identifiés a été calculée afin de déterminer les pourcentages respectifs de chaque composé considéré individuellement.

Tableau 4 : Protocole d'analyse de la composition des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Référence	Désodorisant non combustible	Composition Liquide			Fraction organique volatilisable (μCTE)
		Ultrasons	Extraction Liquide	HiSorb®	
PR1	Diffuseur passif par capillarité			✓	✓
PR2	Diffuseur passif par capillarité, à mèche			✓	✓
PR3	Diffuseur passif solide (galet + HE) -> HE		✓		✓
PR4	Diffuseur passifs solide (billes)	✓			✓
PR5	Diffuseur passifs solide (gel)	✓			✓
PR6	Diffuseur passif solide (stick)	✓			✓
PR7	Diffuseur actif chaleur douce -> HE		✓		✓
PR8	Diffuseur actif électrique		✓		✓
PR9	Diffuseur actif clé USB -> HE		✓		✓
PR10	Diffuseur actif électrique -> HE		✓		✓
PR11	Diffuseur actif spray mélange HE		✓		✓
PR12	Diffuseur actif spray mélange HE		✓		✓
PR13	Diffuseur actif aérosol avec gaz prop.		nd		✓
PR14	Diffuseur actif aérosol avec gaz prop.		nd		✓
PR15	Diffuseur actif aérosol avec gaz prop.		✓		✓

HE : huile essentielle / nd : résultats non disponibles

Pour chacun des désodorisants non combustibles testés, les comparaisons des données issues (i) des informations fournies par les fabricants, (ii) de l'analyse de la composition liquide et (iii) de celle de la fraction organique volatilisable font apparaître les observations suivantes :

PR1 (Figure 5a) : Une vingtaine de composés organiques sont identifiés dans la composition liquide, mais seuls neuf sont retrouvés lors de l'analyse en μCTE (en dehors de la carvone, les huit autres composés sont bien présents dans la composition liquide). La composition liquide fait apparaître le β-citronellal, le limonène et l'α-terpinéol présents respectivement à 19 %, 16 % et 10 %. La fraction organique volatilisable est dominée par le citral et ses isomères, présents à plus de 85 %. Ces composés sont également mentionnés dans la liste des substances précisées par le fabricant, ainsi que le pinène et le citronellol, qui n'apparaissent pourtant pas dans les analyses de composition.

PR2 (Figure 5b) : La composition liquide fait apparaître une dizaine de composés représentant 45 % du total. Les 55 % restants correspondent à la somme de composés minoritaires (inférieurs à 1 %). Pour les émissions en μCTE, la fraction organique volatilisable de composés inférieurs à 1 % représente moins de 15 % du total. Le dihydromyrcénol est identifié au cours de l'analyse en μCTE à près de 45 % bien qu'il ne soit pas détecté dans composition liquide. La part du β-linalool est deux fois plus importante dans la fraction organique volatilisable par rapport à la composition liquide. Aucune donnée fabricant n'a été trouvée pour ce désodorisant.

PR3 (Figure 5c) : Pour les deux méthodes d'analyses, huit composés sont identifiés avec principalement du citronellal (60 %) et du L-isopulegol (20 %). Les fractions en μCTE de ces deux composés étant légèrement supérieures à celles en composition liquide. Par ailleurs, la fraction de composés inférieurs à 1% bien qu'elle représente 20% de l'analyse liquide est inférieure à 5% pour les émissions en μCTE. Un composé non identifié (C10H18O) est émis dans la partie μCTE mais pas en composition liquide. Aucune donnée fabricant n'a été trouvée pour ce désodorisant.

PR4 (Figure 5d) : Une grande disparité est observée entre la composition liquide et les émissions en microchambre. Une douzaine de composés sont identifiés en composition liquide et une dizaine d'autres composés pour la partie émission gazeuse. Le dipropylène glycol et le 2-propanol, 1,1'-oxybis sont présents

en liquide mais non émis en μ CTE. Les fractions du linalool et du vertenex sont cinq fois supérieures en μ CTE par rapport à la composition liquide. Les données fabricant indiquent la présence d'hexylcinnamal et d'amylcinnamal qui n'ont pas été détectés lors des essais.

PR5 (Figure 6a) : Les composés identifiés en composition liquide sont assez différents de ceux émis en microchambre. On trouve en commun le linalool et le dihydromyrcenol, qui sont respectivement treize fois et dix fois supérieur en émissions en μ CTE. Le fabricant indique la présence de benzothiazolinone dans le diffuseur mais ce composé n'a pas été détecté dans les essais.

PR6 (Figure 6b) : Dix composés organiques majoritaires sont identifiés dans la composition liquide et dix composés supplémentaires sont identifiés dans la fraction organique volatilisable. Le composé majoritaire présent dans les deux analyses est le dirpropylène glycol monométhyl ether qui est quatre fois plus présent en composition liquide (70 %). Le linalool (10 %), le géraniol (1 %) et le β -citronellol (1 %) sont présents dans les mêmes proportions sur les deux analyses et font partie des données fabricant. Le 2-propanol,1-(2-méthoxypropoxy)- qui représente 17 % des émissions en μ CTE, n'est pas retrouvé dans la composition liquide. Aucune donnée fabricant n'a été trouvée pour ce désodorisant.

PR7 (Figure 6c) : Les résultats entre la composition liquide et l'émission en μ CTE sont quasiment identiques mis à part le linalool retrouvé seulement en microchambre. L'eucalyptol représente 50 % des émissions et le limonène 35 %. Les données fabricants listent les huiles essentielles utilisées dans la fabrication de ce désodorisant.

PR8 (Figure 6d) : Pour ce diffuseur les résultats de composition liquide sont à 74 % du tripropylène glycol monométhyl ether, qui n'est pas présent dans les émissions gazeuses, et 15 % de composés inférieurs à 1 %. Les émissions en μ CTE sont à 80 % des composés inférieurs à 1 %. Les données fabricant font mention du limonène que l'on retrouve dans la microchambre pour 6 % du total.

PR9 (Figure 7a) : Une dizaine de composés organiques sont identifiés, dont seulement trois en commun pour les deux analyses. Le limonène, l'eucalyptol et le Béta-myrcène ont des pourcentages respectifs de 65 %, 5 % et 1 % dans la composition liquide et de 42 %, 18 % et 1 % dans la μ CTE. L' α -longipinène à 10 % n'est présent qu'en liquide. Aucune donnée fabricant n'a été trouvée pour ce désodorisant.

PR10 (Figure 7b) : Les mêmes composés sont retrouvés dans les deux analyses, mais dans des proportions différentes. Concernant les composés majoritaires, le limonène est présent à 60 % de la composition liquide et à 84 % dans l'émission de la μ CTE, à l'inverse le linalool est à 12 % en liquide et 6 % en gazeux. Le linalool acétate est présent seulement en liquide pour 17 % du total. Les données fabricant mentionnent uniquement la présence de limonène.

PR11 (Figure 7c) : Une quinzaine de composés sont identifiés avec les deux méthodes d'analyse. Pour les cinq composés en commun (Eucalyptol, Limonène, Linalol, γ -Terpinen et α -Terpineol), les proportions sont similaires. Le fabricant indique bien la présence de Eucalyptol, D-Limonene, Linalol.

PR12 (Figure 7d) : Dix composés sont identifiés dans la composition liquide (Limonène, eucalyptol, linalool, isomenthone, menthol, α - et β -pinène, γ -Terpinen, linalyl anthranilate et β -Myrcene). Ils sont tous retrouvés dans les émissions de la fraction organique, dans des proportions différentes. Six autres composés sont émis dans la μ CTE. Les données fabricant mentionnent le limonène, l'eucalyptol, α - et β -pinène et le linalool, retrouvés dans les deux analyses.

PR13 (Figure 8a) : L'eucalyptol est le composé organique qui domine la fraction volatilisable de ce désodorisant, avec une part supérieure à 50 % de la contribution totale. Ensuite une dizaine de terpènes sont identifiés entre 1 et 10 % tandis la contribution des composés inférieurs à 1 % de la part totale s'élève à 14 %.

PR14 (Figure 8b) : La fraction organique volatilisable de cet aérosol est constituée principalement de linalool (43 %) et de linalyl anthranilate (23 %). Ensuite une dizaine de terpènes sont identifiés à moins de 1 % de la fraction totale.

PR15 (Figure 8c) : La composition liquide est composée à 85 % de 2-propanol,1,1'-oxybis- (34 %), de 1-Propanol, 2-(2-hydroxypropoxy)- (30 %) et de 1-Propanol, 2,2'-oxybis- (21 %) qui ne sont pas retrouvés dans la fraction organique volatilisable. Les deux composés en commun sont le linalool et le linalyl anthranilate, tous deux six fois plus présents dans la microchambre. Le fabricant mentionne la présence d'hydrocarbures aliphatiques, de coumarin, d'hexyl cinnamal, de benzyl benzoate, de géraniol, d'amyl cinnamal, d' α -isométhyl, d'ionone et de citronellol qui n'ont pas été retrouvés dans les analyses. Seul le cyclamal a été identifié dans la composition liquide.

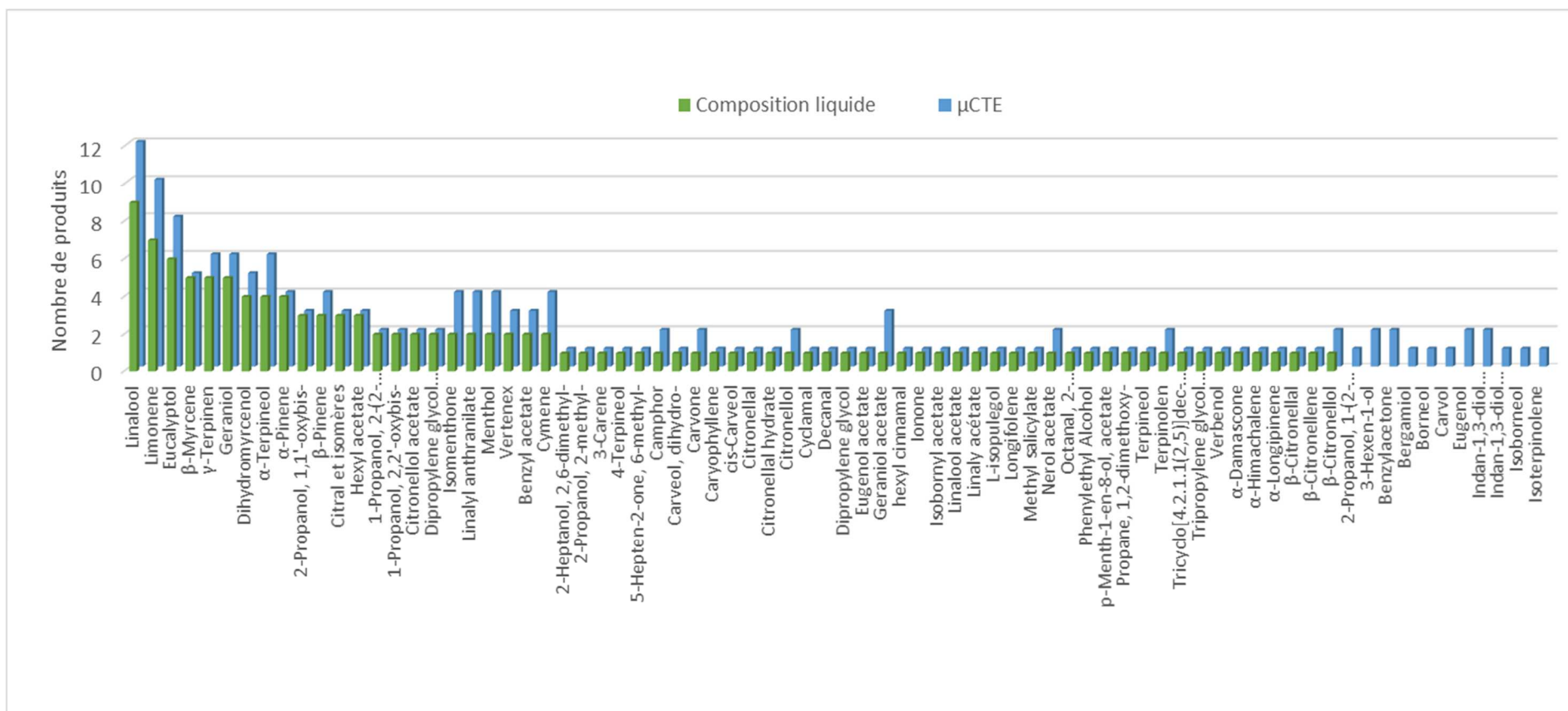


Figure 4 : Répartition des COV identifiés lors des analyses de composition

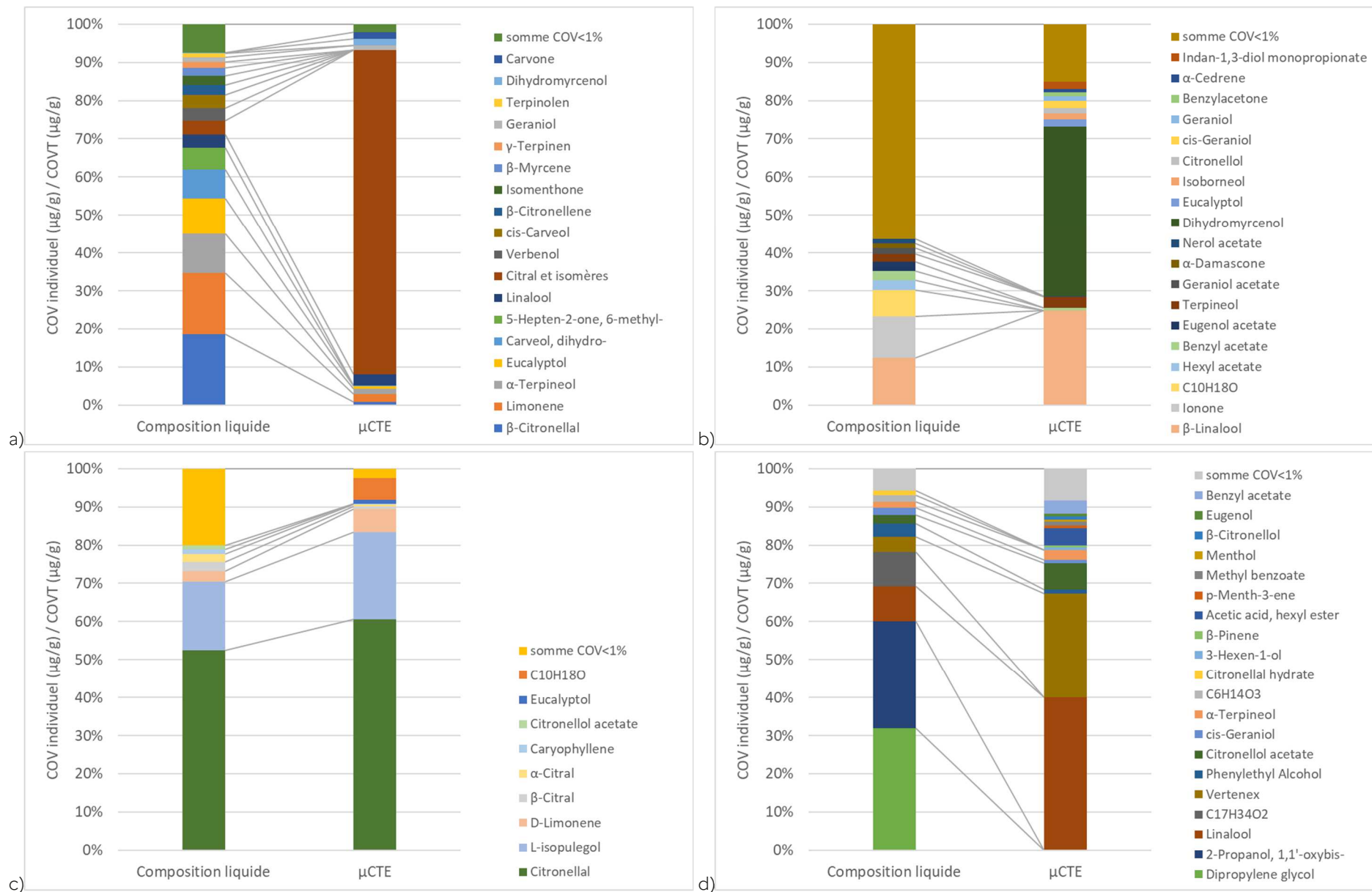


Figure 5 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR1 (a), PR2 (b), PR3 (c) et PR4 (d)

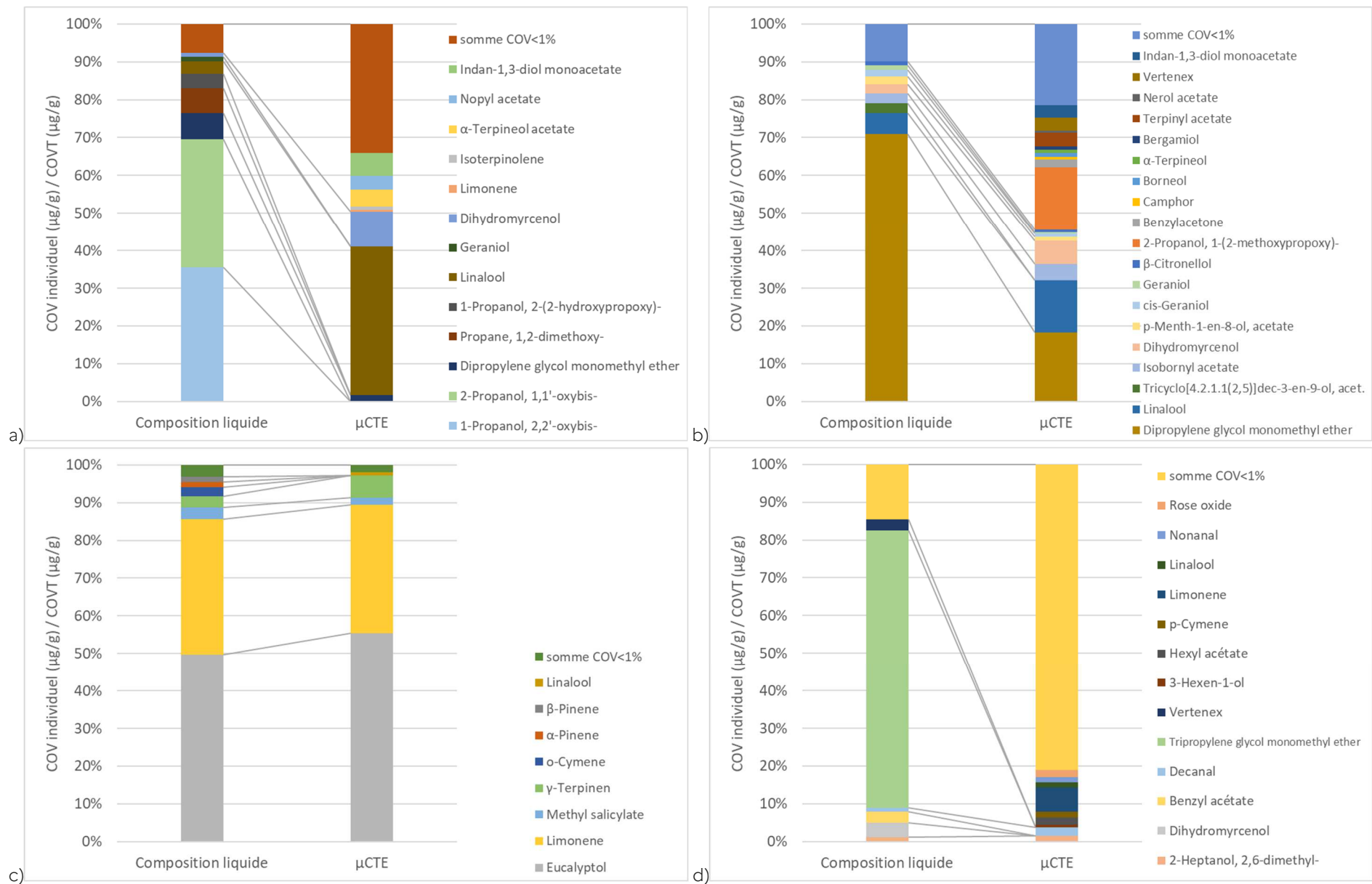


Figure 6 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR5 (a), PR6 (b), PR7 (c) et PR8 (d)

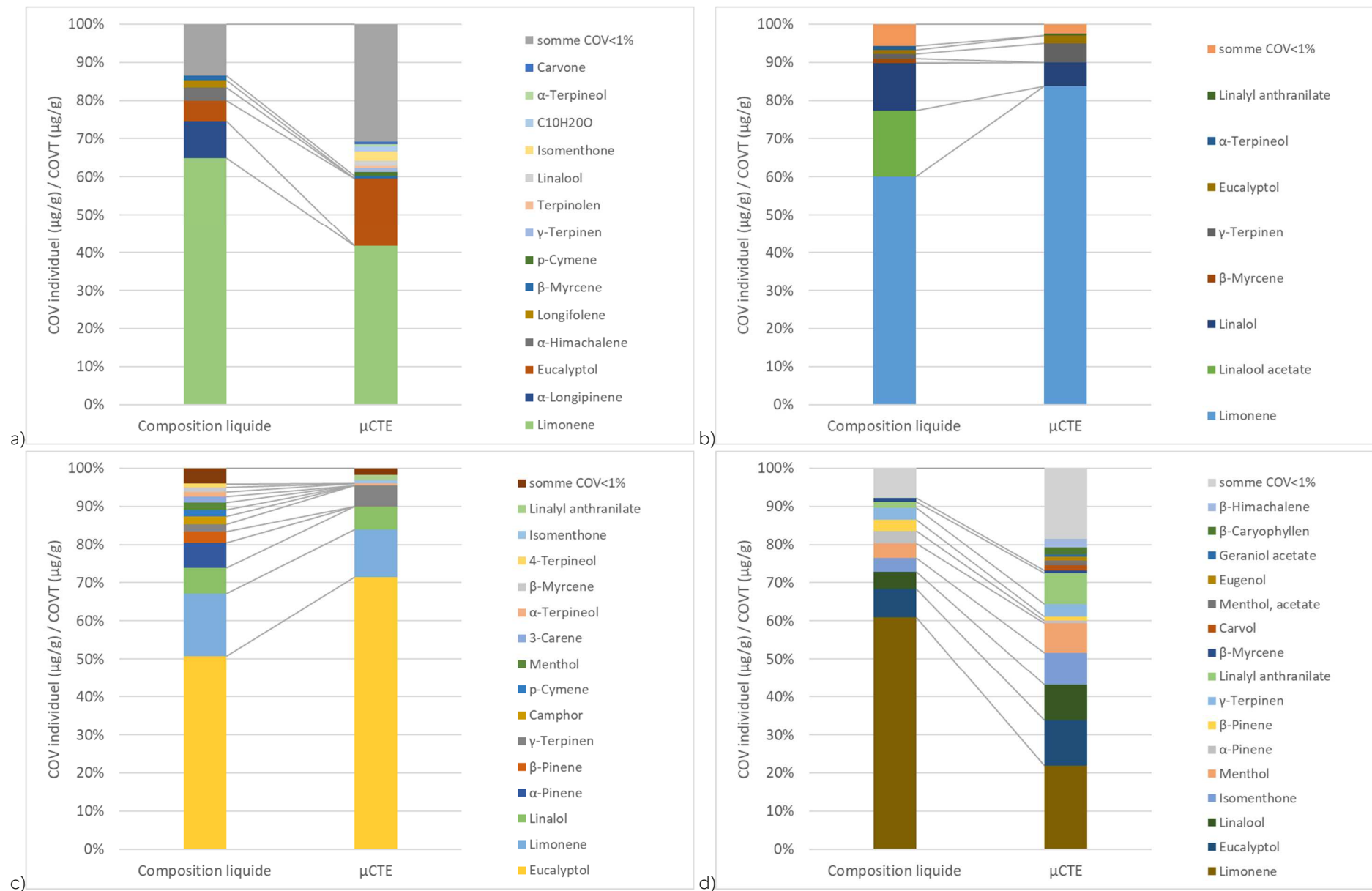


Figure 7 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR9 (a), PR10 (b), PR11 (c) et PR12 (d)

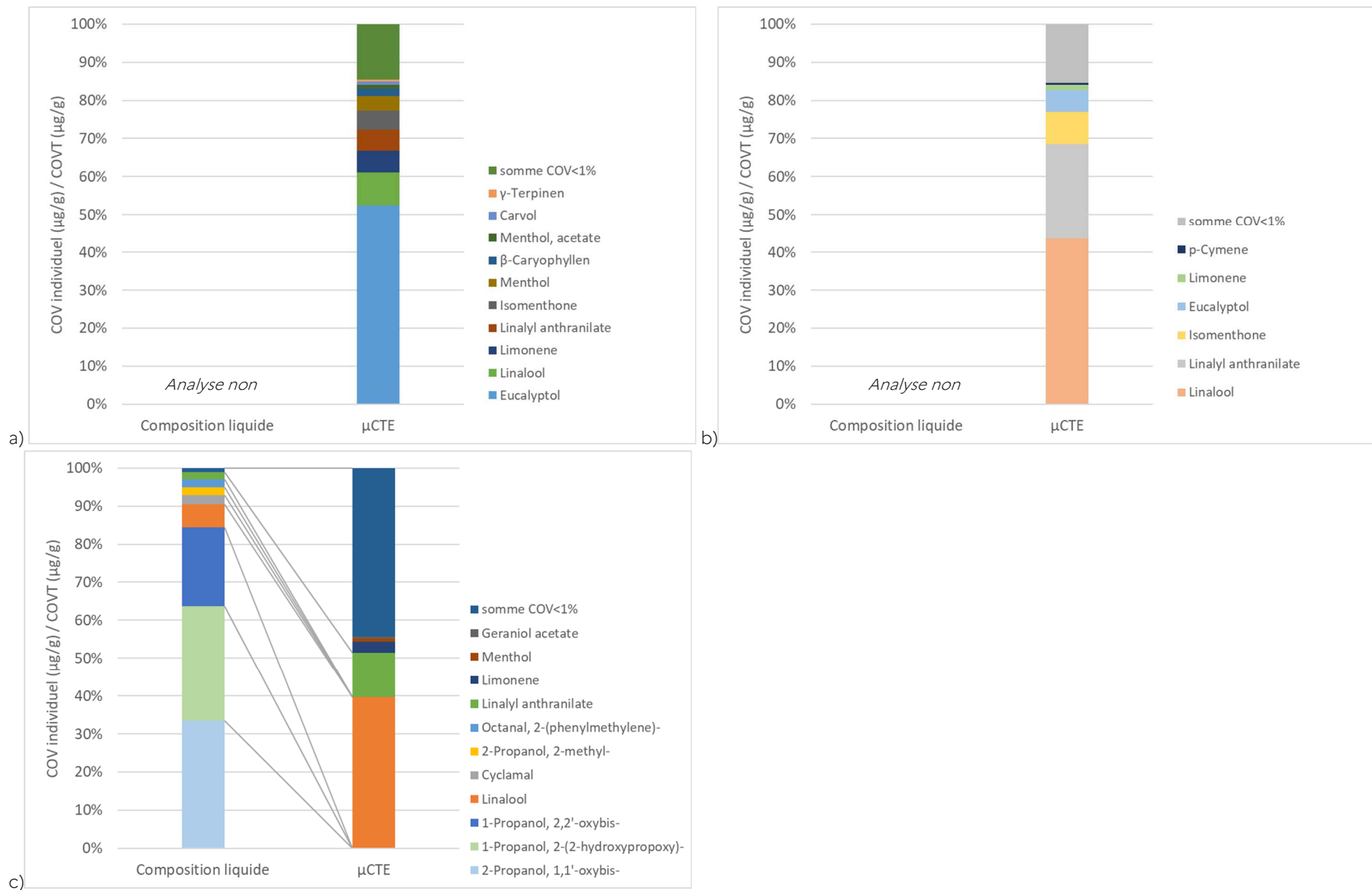


Figure 8 : Composition liquide des désodorisants non combustibles PR13 (a), PR14 (b), et PR15 (c)

2.4. Conclusions

Les résultats des analyses menées en laboratoire ont été comparées aux informations fournies par le fabricant sur la base des renseignements précisés sur les étiquettes et/ou sur les sites internet des fabricants. Pour plusieurs désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, les fabricants précisaient de façon relativement détaillée leur composition en composés organiques volatils, en particulier les terpènes présentant un caractère allergisant par contact cutanée. Toutefois, **les informations étaient généralement incomplètes**, en comparaison des éléments issus des analyses de compositions réalisées au laboratoire. Lorsque des précisions étaient apportées, certaines substances concernées étaient bien retrouvées lors des analyses menées en laboratoire. Enfin, les éthers de glycol étaient fréquemment mis en évidence lors de l'analyse de composition, mais systématiquement absents des indications du fabricant. **Globalement, les indications fournies par les fabricants étaient donc relativement parcellaires.**

Ainsi, bien que les informations précisées par les fabricants sur la composition de leurs désodorisants non combustibles permettent une première approche de la nature des substances potentiellement émises lors de leur utilisation, ces éléments sont encore insuffisants pour prévoir les émissions volatiles résultantes. Des **analyses complémentaires**, telles que celles menées dans le cadre du projet PRESSENS, **associant les analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable**, se sont avérées très pertinentes pour obtenir des informations plus robustes.

Dans un premier temps, un **panel de désodorisants non combustibles** a été constitué dans le cadre du projet PRESSENS en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de vente, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques.

Des analyses de leur **composition liquide** et de leur **fraction organique volatilisable** ont été réalisées pour chaque désodorisant non combustible. La comparaison de ces données d'émissions, associée au recueil des éléments fournis par les fabricants, a mis en évidence (i) une **information parcellaire des éléments portés à la connaissance des utilisateurs** et (ii) la nécessité de réaliser une **analyse combinée** associant à la fois la composition liquide mais également la fraction organique volatilisable afin de disposer d'indications fiables et pertinentes.

3. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées

Au cours de cette tâche, un protocole robuste, harmonisé et reproductible de mesure des émissions de composés organiques volatils par les désodorisants non combustibles a été développée et mis en œuvre afin de caractériser les composés volatils émis par une dizaine de désodorisants non combustibles issus du panel PRESSENS.

3.1. Méthodologie : mise au point d'un protocole de mesure des émissions pour les désodorisants non combustibles

Un des objectifs du projet de recherche PRESSENS était de proposer **un protocole d'essai harmonisé pour l'évaluation des émissions en composés volatils des désodorisants non combustibles**.

Ce protocole d'essai devait répondre à plusieurs critères essentiels :

- (i) **Être réaliste** = les conditions d'essais doivent refléter une utilisation réaliste du désodorisant non combustible ;
- (ii) **Être reproductible** = les paramètres d'essais doivent permettre d'obtenir des résultats homogènes (quel que soit l'opérateur et/ou le laboratoire d'analyse) ;
- (iii) **Être robuste** = les données d'émissions en composés volatils des désodorisants non combustibles doivent être fiables ;
- (iv) **Être simple** = le déploiement
- (v) de la méthode d'essai proposée doit pouvoir être envisagé à grande échelle, notamment par différents laboratoires d'analyses.

Les projets de recherche ADOQ, EPHECT, EBENE et PEPS, ainsi que les récentes études bibliographiques, ont souligné l'importance de la définition des **scénarios d'essais** pour la réalisation d'essais d'émissions

sur les produits désodorisants. En effet, à l'heure actuelle, il est délicat de comparer les résultats des études disponibles dans la littérature compte-tenu de la diversité des protocoles d'essais utilisés.

Les paramètres d'essais proposés dans le cadre du projet PRESSENS sont issus des protocoles d'essais normatifs utilisés pour évaluer les émissions des produits de construction et de décoration [17, 18, 19, 47], ainsi que celles des désodorisants combustibles [6] (Tableau 5).

Tableau 5 : Caractéristiques des référentiels normatifs sur les produits de construction et les désodorisants combustibles

Produits Caractéristiques	Produits de construction	Désodorisants combustibles
Normes	EN NF ISO 16000-3, 6, 9, 10 + EN ISO 16516	NF EN 16738
Critères de capabilité	Volume (variable), matière (inox, verre), brassage air, taux de récupération en composés volatils (> 80 %), taux de fuite (5 %)	Volume (1m ³), matière (inox, verre), brassage air, taux de récupération en composés volatils (> 80 %), taux de fuite (5 %)
Paramètres d'essai	Température (23°C), humidité relative (50 %), taux de renouvellement d'air (0,25 h ⁻¹ / 2 h ⁻¹), taux de charge (< 2 m ² /m ³)	Température (23°C), humidité relative (50 %), taux de renouvellement d'air (1.8 h ⁻¹), taux de charge (2 produits en simultanée)
Scénario	Réalisation d'une éprouvette d'essai adaptée (surface exposée = surface apparente) Dimensions adaptées -> Taux de charge spécifique selon utilisation en échelle 1 (murs, sols, plafonds, fenêtre...)	Combustion de 2 produits en simultanée
Métrologie	COV sur Tenax TA -> GC/MS Aldéhydes sur DNPH -> HPLC/UV	COV sur Tenax TA -> GC/MS Aldéhydes sur DNPH -> HPLC/UV
Echantillonnage	Mesure unique après 28 jours	Mesure unique après 2 h

Dans un premier temps, les paramètres d'essais retenus sont ceux correspondants à la norme relative à l'évaluation des émissions des désodorisants combustibles. En particulier, la taille retenue pour la chambre d'essai est 1 m³. Ensuite, des séries d'essais complémentaires sont réalisées avec des différents critères pour plusieurs paramètres (i) la taille de la chambre d'essai et (ii) le taux de renouvellement d'air.

3.1.1. Paramètres d'essais

3.1.1.1. Chambre d'essai d'émissions

Pour caractériser les émissions des désodorisants non combustibles en chambre d'essais d'émissions, des essais ont été réalisés dans des enceintes de 1 m³, conformes à la norme ISO 16000-9 [17] et qui sont recommandées par la norme relative aux émissions des bougies et des encens [6].

Deux chambres d'essais d'émissions VCE1000 (Figure 9) sont disponibles au CSTB et au LCE. Ce type d'équipement comprend 2 parties principales : un caisson extérieur et une chambre d'essais (lieu de réalisation des expériences, volume utile 916 L) en acier dépoli. Le caisson extérieur est une jaquette chauffante utilisée pour thermostatier la chambre d'essais, sans risquer de la contaminer avec une résistance électrique. Le renouvellement d'air est assuré par un compresseur d'air dont le débit est contrôlé par un débitmètre massique. Préalablement à son injection dans la chambre, l'air passe par un filtre afin d'éliminer les particules et sur du charbon actif afin de piéger les composés gazeux. L'injection et la sortie d'air se font via des passe-parois permettant une connexion directe entre l'intérieur et l'extérieur de la chambre d'essais. La prise d'échantillon s'effectue par des piquages sur la sortie d'air. Enfin, l'homogénéisation de l'air est assurée par un ventilateur magnétique qui évite les émissions de particules induites par les charbons du moteur. Cet équipement permet de réaliser des essais dans une plage de température allant de +15 à +130°C (± 0,3°C). Le taux de renouvellement d'air est réglable entre 0,1 et 1,8 h⁻¹. Enfin, le contrôle de l'humidité relative s'effectue sur une plage hygrométrique comprise entre de 5 et 95 % (± 3 %). L'utilisation de cet équipement pour la mesure des émissions de bougies et d'encens a été éprouvée lors de récents travaux de recherche sur les parfums d'ambiance à combustion [11, 12].

Après avoir préconisé l'utilisation de plus grands volumes, la norme développée par le CEN/TC421 [43] impose finalement l'utilisation d'une chambre d'essai de 1 m³ pour la caractérisation des émissions de polluants volatils par les désodorisants à combustion [6]. Dans le cadre du projet PRESSENS, l'utilisation de ce même type d'équipement a été proposée pour évaluer les émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles.

Afin de comparer l'impact de la taille de la chambre sur l'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles, des essais mobilisant une chambre d'essai d'émissions de volume inférieur (équipement d'un volume de 336 Litres en acier inoxydable, conforme aux recommandations de la norme ISO 16000-9 [17]) ont été également réalisés. Il est à noter que cette chambre d'essais d'émissions a déjà été mise en œuvre lors du projet PEPS qui portait sur l'évaluation des émissions des produits d'entretien [5].

Le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai constituant également un paramètre potentiellement impactant pour les émissions de composés volatils et particulaires, et leur diffusion, des essais selon différents taux ont été conduits.

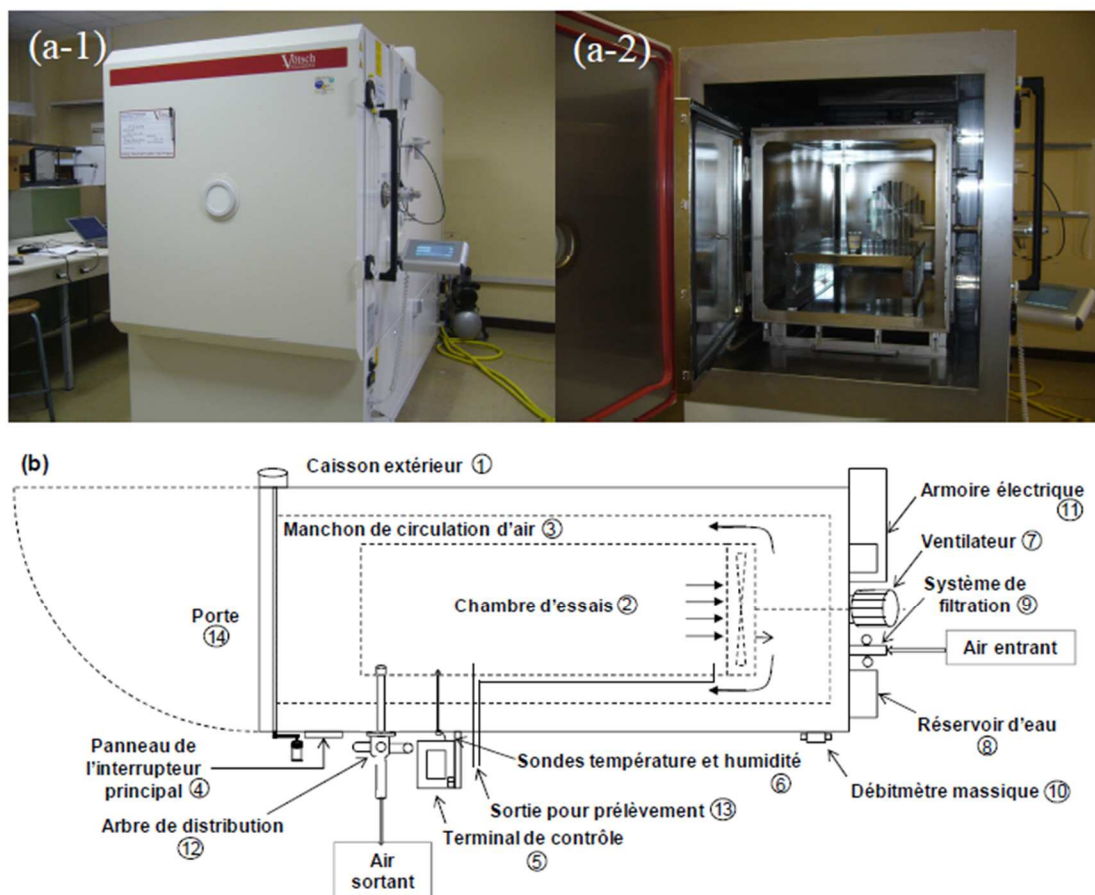


Figure 9 : Enceinte VCE1000 (LCE), (a-1) ouverte, (a-2) fermée, (b) schéma général [34]

3.1.1.2. Conditions d'essais

Des **protocoles d'essais spécifiques** ont été définis et une attention particulière a été portée aux paramètres suivants : (i) mise en œuvre du désodorisant non combustible, (ii) durée de l'essai, (iii) fréquence des prélèvements, (iv) taux de renouvellement d'air, (v) conditions de température et d'humidité relative, (vi) méthodes analytiques. Les observations issues de l'étude réalisée par le CSTB pour la DGPR sur les émissions de composés volatils par des désodorisants non combustibles ont également permis d'affiner les différents paramètres des protocoles d'essais.

Concernant la mise en œuvre, des **scénarios d'utilisation les plus représentatifs possibles d'une utilisation réelle** ont été définis pour chaque type de désodorisants d'intérieur non combustibles considéré. La température et l'humidité relative pouvant influencer les processus d'émissions de composés volatils, ces paramètres ont été suivis en continu au cours des essais. Les conditions de températures utilisées pour la réalisation des essais étaient en accord avec les recommandations des

normes disponibles [6, 17]. L'air dans les chambres d'essais était renouvelé par un flux régulé d'air propre (air zéro filtré et asséché). Le taux de renouvellement d'air (TRA) étant un paramètre influant la détermination des émissions de composés organiques volatils, des essais ont été réalisés pour des valeurs de TRA de 1 vol.h⁻¹, ainsi que 0,5 et 2,0 vol.h⁻¹ pour certains désodorisants non combustibles.

Les désodorisants non combustibles ont été utilisés dans les chambres d'essais selon des scénarios réalistes, et en tenant compte des recommandations des fabricants. Pour certains diffuseurs, plusieurs scénarios ont été mis en œuvre afin d'étudier l'impact des conditions d'utilisation sur les émissions induites.

3.1.1.3. Désodorisants non combustibles testés

Au cours de cette tâche, les émissions d'une dizaine de désodorisants non combustibles issus du panel PEPS ont été évaluées en chambre d'essais d'émission. Les diffuseurs testés étaient : PR1, PR2, PR3, PR4, PR5, PR8, PR9, PR11, PR12, PR15. La constitution de cette sélection a pris en compte l'intégration d'un à deux désodorisants non combustibles par typologie afin de disposer d'une gamme la plus variée possible par rapport au panel initial. Ainsi, concernant les diffuseurs passifs solides, les billes odorantes PR4 et le gel odorant PR5 ont été retenus, tout comme le diffuseur actif électrique réglable PR6. Concernant les aérosols avec gaz propulseur, PR13 et PR14 ont été écartés au profit de PR15 qui présente un mode de fonctionnement automatique. Ainsi ont été intégrés aux essais en chambres d'émissions cinq diffuseurs passifs et cinq diffuseurs actifs, dont deux sprays dits assainissants.

3.1.1.4. Synthèse des essais

Le **plan d'expériences**, qui comporte plus de **75 essais**, a été organisé entre le CSTB et le LCE selon les modalités précisées dans le Tableau 6 en intégrant les conditions suivantes : (i) chaque essai a été réalisé a minima trois fois, (ii) pour deux désodorisants non combustibles, cette répétabilité a été portée à dix essais, (iii) deux désodorisants non combustibles ont été testés en parallèle par les deux laboratoires, (iv) deux conditions de mise en œuvre ont été déployées pour deux désodorisants non combustibles, (v) deux volumes de chambres d'essai différents ont été utilisés pour trois désodorisants non combustibles, et (vi) les émissions d'un même désodorisant non combustible ont été évaluées pour deux TRA différents.

Tableau 6 : Organisation des essais en chambre d'émissions

Référence	Produit	Laboratoire	Nombre d'essai	Mise en œuvre	Volume chambre (m³)	TRA (h ⁻¹)
PR1	Diffuseur passif par capillarité	CSTB	3	1	1	1
		LCE	3	1	1	1
PR2	Diffuseur passif par capillarité, à mèche	CSTB	3	1	1	1
			4	1	0,3	1
		LCE	3	1	1	1
PR3	Diffuseur passif solide (galet avec HE)	CSTB	3	1	1	1
			3	2	1	1
PR4	Diffuseur passif solide (billes)	CSTB	3	1	1	1
			4	1	0,3	1
PR5	Diffuseur passif solide (gel)	CSTB	3	1	1	1
			4	1	0,3	1
PR8	Diffuseur actif électrique	LCE	10	1	1	1
			3	2	1	1
PR9	Diffuseur actif, clé USB avec HE	CSTB	5	1	1	1
PR11	Diffuseur actif, spray mélange HE	CSTB	3	1	1	1
PR12	Diffuseur actif, spray mélange HE	CSTB	10	1	1	1
PR15	Diffuseur actif, aérosol avec gaz prop.	LCE	3	1	1	1
			3	1	1	0,5
			3	1	1	2

3.1.2. Métrologie

La métrologie associée aux mesures dans les deux chambres d'essais a été adaptée aux contraintes techniques liées à leur utilisation, notamment pour fixer les débits nécessaires et suffisants au renouvellement d'air. **La métrologie a été déterminée en fonction de la liste des composés d'intérêt** d'après (i) les travaux bibliographiques réalisés par l'Ineris [27], ainsi que (ii) les résultats de récentes études ou travaux de recherche [5, 12, 34, 38], notamment concernant les émissions lors de l'utilisation des bougies et des encens. Parmi ces espèces cibles se trouvent :

- Des **composés organiques volatils**, à savoir le benzène, le toluène, l'éthylbenzène, le styrène, les xylènes, le naphthalène, le d-limonène, l'alpha-pinène, le linalol, le géraniol ;
- Des **composés carbonylés**, à savoir le formaldéhyde, l'acétaldéhyde, le benzaldéhyde, l'acroléine, le cinnamaldéhyde ;
- Les **composés organiques totaux** (COVT) définis, d'après la norme NF ISO 16000-6, comme la somme des composés organiques volatils éluant entre le n-hexane et le n-hexadécane.

Les techniques analytiques utilisées par le CSTB (mesures off-line) et le LCE (mesures on-line et off-line, pour les composés carbonylés) sont présentées dans le Tableau 7.

Tableau 7 : Techniques de prélèvements et d'analyses mises en œuvre pour la caractérisation des émissions de polluants gazeux par les désodorisants non combustibles

Paramètres	Mesures Off-line	Mesures On-line
Composés Organiques Volatils (COV)	Prélèvement sur des tubes avec adsorbants spécifiques	Prélèvement et analyse par PTR-ToF-MS (Proton Transfer Reaction – Time of Flight - Mass Spectrometer, IONICON) Analyse simultanée en temps réel d'un très grand nombre de COV avec une sensibilité de l'ordre de quelques ppt
	Analyse par chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse après thermodésorption (TD/GC/MS)	
	Méthode conforme à la norme NF ISO 16000-6 [18] et NF EN ISO 16516 [47]	
Composés carbonylés	Prélèvement sur cartouches avec un adsorbant spécifique	
	Extraction par solvant (acétonitrile)	
	Analyse par chromatographie liquide couplée à un détecteur UV (HPLC-PAD) Méthode conforme à la norme NF ISO 16000-3 [19] et NF EN ISO 16516 [47]	

En complément de ces composés, **les émissions de particules** ont été caractérisées en concentration massique par taille de PM. La mesure a été réalisée à l'aide d'un OPC (Optical Particle Counter, GRIMM) qui permet de suivre l'évolution des concentrations et de la taille des particules comprises entre 260 nm et 32 µm.

Les mesures ont été réalisées avant mise en œuvre du désodorisant non combustibles afin de s'assurer du bruit de fond de la chambre d'essai puis pendant a minima les trois heures qui suivent le début de l'utilisation du diffuseur.

Pour les mesures off-line, quatre prélèvements successifs de 15 minutes ont été réalisés au cours des deux premières heures puis des prélèvements successifs de 30 minutes ont été enchaînés pour atteindre trois à quatre heures de mesures au total.

Pour les mesures off-line réalisées à l'aide de tubes et cartouches contenant des adsorbants spécifiques, analysés par chromatographie, une liste de COV cibles a été établie (Annexe 1) afin d'être quantifiée spécifiquement. Les autres COV identifiés ont été quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène. La somme des COV totaux (COVT) a également été déterminée en accord avec les recommandations de la norme dédiée [18].

Les incertitudes analytiques associées aux techniques de mesures off-line ont été déterminées par la participation annuelle, avec succès, du laboratoire à des campagnes inter-laboratoires. Ainsi, les incertitudes ont été estimées à 15 % pour les COV et 10 % pour les aldéhydes.

Pour les mesures on-line, le pas de temps d'enregistrement a été fixé à 1 minute sur l'ensemble de la durée de l'essai.

3.1.3. Détermination des facteurs d'émissions spécifiques

A partir des concentrations mesurées à l'aide des plateformes d'essai d'émission et des conditions d'essai utilisées, il est possible de calculer des facteurs d'émission spécifique (Specific Emission Rate, SER).

Dans le cas des désodorisants non combustibles, le **facteur d'émission spécifique unitaire** (SER_u) peut être déterminé en considérant le nombre d'unité de désodorisants non combustibles mobilisés au cours de l'essai.

Les équations utilisées pour calculer ce facteur sont les suivantes :

$$SER_u = C_{mes} \cdot q$$

Avec : SER_u , le facteur d'émission unitaire ($\mu\text{g} \cdot \text{u}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) ; C_{mes} , la concentration mesurée dans la chambre d'essai ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) et q , le débit d'air spécifique par unité de désodorisant non combustible testée au cours de l'essai ($\text{m}^3 \cdot \text{u}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) qui se définit :

$$q = \frac{TRA}{L} \quad \text{Avec} \quad L = \frac{u}{V}$$

Avec : TRA, le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai (h^{-1}) et L, le taux de charge dans la chambre d'essai ($\text{u} \cdot \text{m}^{-3}$), u, le nombre d'unité testée (u) et V, le volume de la chambre d'essai (m^3).

Au final, le facteur d'émission spécifique unitaire se calcule grâce à la formule suivante :

$$SER_u = C_{mes} \cdot \frac{TRA}{u/V}$$

Les facteurs d'émission unitaires des principaux composés volatils (COV et aldéhydes) sont ainsi déterminés, pour les désodorisants non combustibles testés au cours de cette tâche.

En considérant la quantité de produit évaporée au cours d'un essai, il est également possible de déterminer un **facteur d'émission massique** (SER_m).

Les équations utilisées pour calculer ce facteur sont les suivantes :

$$SER_m = C_{mes} \cdot q$$

Avec : SER_m , le facteur d'émission massique ($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) ; C_{mes} , la concentration mesurée dans la chambre d'essai ($\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$) et q , le débit d'air spécifique par g de désodorisant non combustible disparu au cours de l'essai ($\text{m}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$) qui se définit :

$$q = \frac{TRA}{L} \quad \text{Avec} \quad L = \frac{m}{V}$$

Avec : TRA, le taux de renouvellement d'air dans la chambre d'essai (h^{-1}) et L, le taux de charge dans la chambre d'essai ($\text{g} \cdot \text{m}^{-3}$), m, la masse de produit évaporée (g) et V, le volume de la chambre d'essai (m^3).

Au final, le facteur d'émission spécifique massique se calcule grâce à la formule suivante :

$$SER_m = C_{mes} \cdot \frac{TRA}{m/V}$$

Les facteurs d'émission massiques des principaux composés volatils (COV et aldéhydes) sont ainsi déterminés pour les désodorisants non combustibles testés au cours de cette tâche.

3.2. Caractérisation des émissions des désodorisants non combustibles

Les concentrations mesurées en chambres d'essai d'émissions ainsi que les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés, pour chaque COV et pour chaque désodorisant non combustible, sont présentés en détail en Annexe 2, et discutés dans les paragraphes suivants.

Pour chaque désodorisant non combustible et chaque composé / polluant suivi, une concentration moyenne a été calculée à partir des mesures off-line et on-line, pour les 3 heures suivant le début de l'utilisation du désodorisant (i.e., la mise en chambre du diffuseur).

3.2.1. Robustesse du protocole

Le plan d'expérience élaboré a permis d'évaluer (i) la **répétabilité de la méthode** par analyse comparative des répliqués réalisés pour chaque essai et (ii) la **reproductibilité de la méthode**, par analyse comparative des résultats des désodorisants non combustibles testés en commun par les deux laboratoires.

3.2.1.1. Répétabilité

Dans le cadre de l'étude de robustesse, chaque essai a été réalisé a minima trois fois et le nombre de réplicat a été porté à dix pour deux désodorisants non combustibles.

Un exemple de résultats obtenus au cours de ces essais est présenté sur la Figure 10 qui illustre les concentrations mesurées pour le benzène pour la référence PR8 ; les concentrations de formaldéhyde, des monoterpènes et de l'acroléine étant présentées sur la Figure 11 toujours pour la référence PR8.

La Figure 12 représente les écart-types relatifs calculés pour les facteurs d'émission unitaires de chaque désodorisant non combustible testé, pour l'ensemble des séries d'essais réalisées, pour le benzène, le formaldéhyde, l'acroléine et les terpènes. Les écart-types représentent la dispersion des valeurs de facteurs d'émissions déterminés pour chaque composé organique volatil émis par un désodorisant non combustible donné. Ainsi, des valeurs observées faibles témoignent d'une bonne répétabilité des essais.

Les comportements suivants sont observés :

- **PR1** : Les mesures d'émissions de formaldéhyde sont répétables à 30 % tandis que pour les autres composés, la variabilité atteint 90 à 100 %.
- **PR2** : Ce désodorisant est associé à des émissions de terpènes et de benzène répétables à 18 % et 32 % respectivement tandis que les émissions de formaldéhyde sont très hétérogènes avec un écart-type moyen de 100 %. L'acroléine semble bien stable.
- **PR3** : Les émissions de terpènes présentent une variabilité de 20 %, celles de formaldéhyde, de 61 % et celles de benzène de 100 %. Les émissions d'acroléine sont bien répétables.
- **PR4** : Les mesures d'émissions de benzène, terpènes et acroléine sont répétables. Le formaldéhyde est associé à une dispersion inférieure à 25 %.
- **PR5** : Le même comportement que PR4 est observé, avec une variabilité de près de 70 % pour le formaldéhyde.
- **PR8** : La variabilité des émissions de ce désodorisant non combustible est stable quel que soit le composé considéré, et est environ de 40 %.
- **PR9** : Les mesures d'émissions de benzène, formaldéhyde et acroléine sont répétables. Les terpènes sont associés à une dispersion inférieure à 30 %.
- **PR11** : Les données pour l'acroléine sont répétables, celles de terpènes et de formaldéhyde présentent une variabilité d'environ 20 % contre 50 % pour celles de benzène.
- **PR12** : Les données pour l'acroléine sont répétables. Les terpènes sont associés à une variabilité de 20 % tandis que pour le benzène et le formaldéhyde, elle atteint 65 % et 82 %, respectivement.
- **PR15** : Les mesures d'émissions de ce désodorisant semblent bien répétables avec un écart-type maximal, observé pour le benzène, qui reste inférieur à 10 %. Les émissions de terpènes et d'acroléine présentent une variabilité de 2 et 1 %, respectivement. Enfin, pour le formaldéhyde, l'écart-type moyen est < 0,2 %.

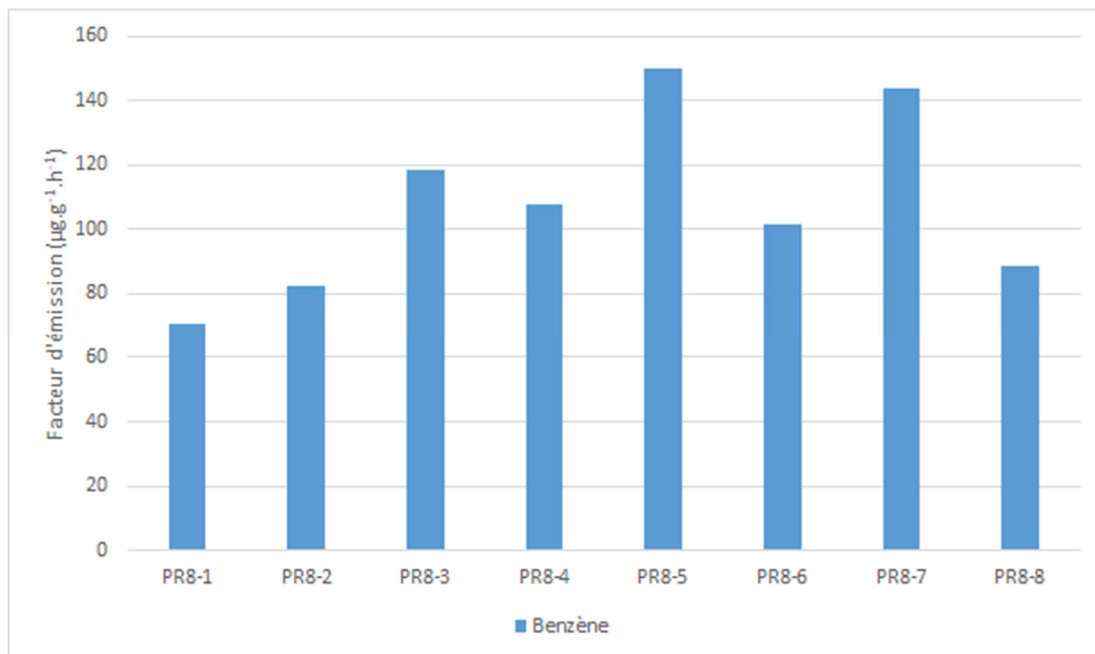


Figure 10 : Répétabilité des essais – Emissions de benzène par le désodorisant non combustible PR8, en chambre d'essai d'émissions

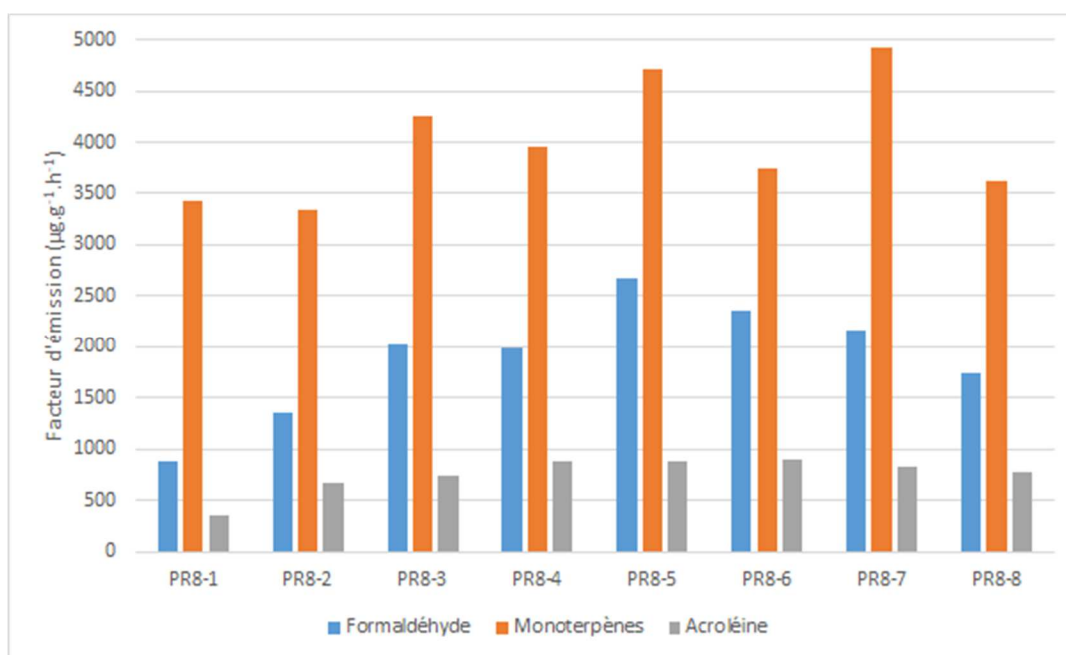


Figure 11 : Répétabilité des essais – Emissions de formaldéhyde, monoterpènes et acroléine par le désodorisant non combustible PR8, en chambre d'essai d'émissions

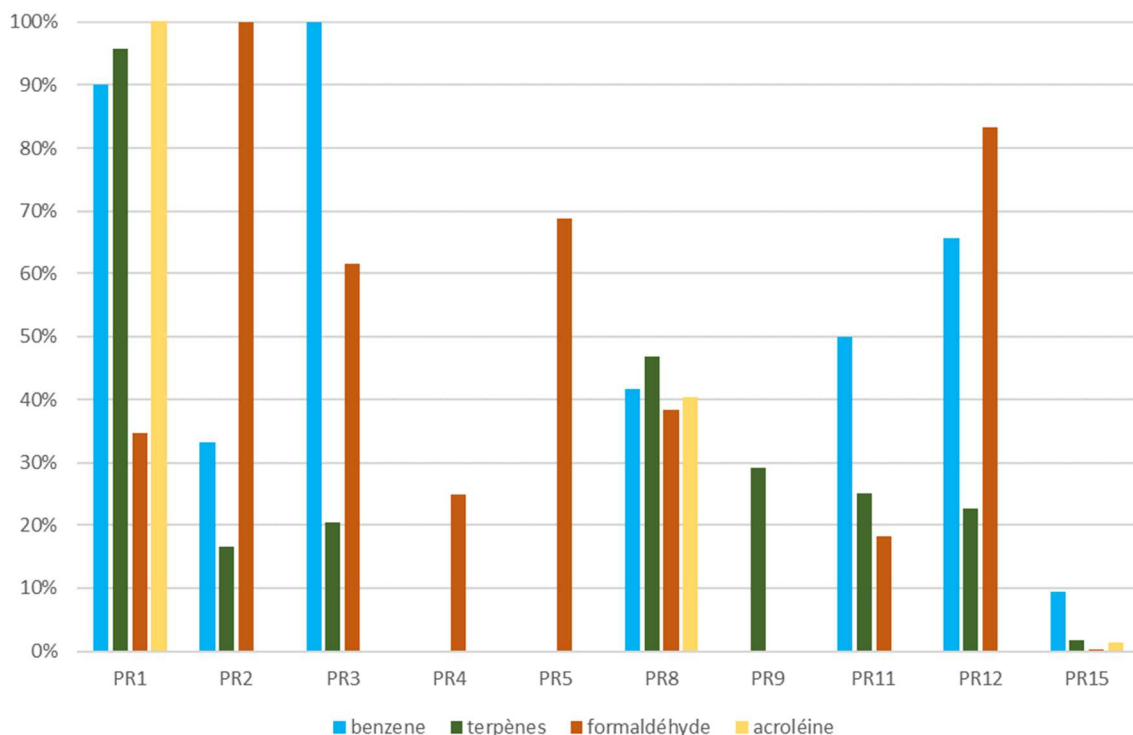


Figure 12 : Ecart-types relatifs des facteurs d'émissions unitaires du benzène, des terpènes, du formaldéhyde et de l'acroléine, pour les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS testés

3.2.1.2. Reproductibilité

Les désodorisants non combustibles PR1 et PR2 ont été testés par les deux laboratoires, et chaque essai a été réalisé à minima trois fois. Les concentrations moyennes ont été calculées pour chaque COV, ainsi que pour les particules.

Les facteurs d'émissions spécifiques du benzène déterminés par les deux laboratoires pour le désodorisant non combustible PR1 (diffuseur passif par capillarité) sont présentés dans le Tableau 8.

Tableau 8 : Comparaison des facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les désodorisants non combustibles PR1 et PR2, en chambre d'essai d'émissions

Laboratoire	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
LCE	9,1	8,2	8,6	7,0
CSTB	10,1	5,4	6,3	3,4

Les concentrations moyennes obtenues pour le benzène étaient très proches pour les deux séries de mesures. Considérant l'incertitude analytique associée, qui est estimée à 10 % pour chacune des techniques déployées (off-line et on-line), les résultats apparaissaient donc comme bien reproductibles. Ces observations étaient également valables pour les autres composés mesurés.

3.2.2. Emissions de COV

L'ensemble des données d'émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, évaluées en chambres d'essais sont disponibles en Annexe 2.

Les paragraphes suivants détaillent les résultats obtenus pour (i) le benzène, (ii) le formaldéhyde, (iii) l'acroléine, (iv) les monoterpènes, (v) les autres COV et (vi) les particules.

Pour chaque composé, les **facteurs d'émissions massiques et unitaires** déterminés ont été discutés par catégorie de désodorisants non combustibles : (i) diffuseurs passifs, (ii) diffuseurs actifs (hors sprays) et (iii) diffuseurs actifs de type sprays. Cette dernière typologie de désodorisants non combustibles, bien qu'appartenant également à la catégorie des diffuseurs actifs, présentaient des comportements particuliers et a été discutée à part.

3.2.2.1. Benzène

Désodorisants non combustibles passifs

Le Tableau 9 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour le benzène, pour les désodorisants non combustibles passifs du panel PRESSENS.

Tableau 9 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR1	9,1	8,2	8,6	7,0
PR2	0,3	0,1	0,12	0,01
PR3	4,2	4,2	98	73
PR4	LQ	-	LQ	-
PR5	LQ	-	LQ	-

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Si les émissions de benzène par le diffuseur par capillarité PR2 étaient relativement faibles, des niveaux significatifs ont été observés pour les deux autres diffuseurs par capillarité PR1 et PR3. Les résultats étaient hétérogènes pour un même désodorisant, comme en témoigne l'écart-type associé à la série de mesures. L'utilisation des diffuseurs passifs solides PR4 et PR5 n'a été associée aucune émission de benzène.

Les modes de fonctionnement des désodorisants non combustibles ne semblaient pas pouvoir expliquer les émissions de ce composé lors de leur utilisation.

Désodorisants non combustibles actifs

Le Tableau 10 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour le benzène, par les désodorisants non combustibles actifs du panel PRESSENS.

Tableau 10 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR8	12	5	108	28
PR9	LQ	-	LQ	-

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les deux diffuseurs actifs testés ont fait apparaître des résultats très différents. Ainsi, si l'utilisation de la clé USB pour la diffusion d'huile essentielle PR9 n'a été associée à aucune émission de benzène, la mise en œuvre du diffuseur électrique PR8 a conduit à des facteurs d'émissions spécifiques importants pour le benzène.

Ces émissions pourraient être liées aux matériaux constitutifs du diffuseur ainsi qu'à son principe de diffusion.

Désodorisants non combustibles en sprays et aérosols

Le Tableau 11 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour le benzène, par les sprays du panel PRESSENS.

Tableau 11 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les sprays, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR11	2,2	1,1	5,1	2,6
PR12	3,8	2,5	26,5	17,3
PR15	4,2	0,4	5,2	0,5

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Il apparaît que l'utilisation des trois sprays du panel PRESSENS a conduit à des émissions significatives de benzène. Les facteurs d'émissions unitaires moyens étaient du même ordre de grandeur puisque compris entre 2 et 4 $\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. Les facteurs d'émissions massiques des sprays PR11 et PR15 étaient également très proches, tandis que celui du désodorisant PR12 était supérieur. Cette différence de niveau pour le facteur d'émissions massique pourrait s'expliquer par la quantité de désodorisant émise lors d'une pulvérisation qui était nettement inférieure pour ce désodorisant : ~0,1 g contre 0,4 g pour les deux autres désodorisants testés.

3.2.2.2. Formaldéhyde

Désodorisants non combustibles passifs

Le Tableau 12 assemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour le formaldéhyde, par les désodorisants non combustibles passifs du panel PRESSENS.

Tableau 12 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR1	337	117	351	169
PR2	0,9	0,9	0,4	0,3
PR3	13	8	283	140
PR4	0,9	0,4	4,4	2,1
PR5	1,2	0,7	6,2	3,3

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les émissions de formaldéhyde par les diffuseurs passifs sont apparues très hétérogènes. Ainsi, le diffuseur par capillarité PR1, a présenté des niveaux d'émissions près de 30 et 50 fois supérieurs aux désodorisants PR3 et PR5, qui le suivaient dans l'ordre décroissant d'émissions. En ce qui concerne les facteurs d'émissions massiques, le désodorisant PR1 a également été le plus émissif en formaldéhyde mais le désodorisant PR3 présentait également un niveau important, du même ordre de grandeur. Le désodorisant PR5 se caractérisait par niveau d'émission massique de $6,2 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$. L'utilisation des désodorisants PR2 et PR4 présentaient des émissions faibles de formaldéhyde, bien qu'il soit intéressant de noter que le facteur d'émission massique du formaldéhyde par PR4 était significatif.

Désodorisants non combustibles actifs

Le Tableau 13 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés, pour le formaldéhyde, par les désodorisants non combustibles actifs du panel PRESSENS.

Tableau 13 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR8	195	75	1899	569
PR9	ND	-	ND	-

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les émissions de formaldéhyde lors de l'utilisation des diffuseurs actifs PR8 et PR9 ont présenté des comportements très hétérogènes. Si l'utilisation de la clé USB (i.e., référence PR9) n'a été associée à aucune émission de formaldéhyde, le diffuseur électrique PR8 a au contraire été caractérisé par des niveaux très importants. En effet, les facteurs d'émissions unitaires et massiques du désodorisant PR8 se sont avérés très élevés.

Désodorisants non combustibles en sprays et aérosols

Le Tableau 14 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour le formaldéhyde, par les désodorisants en sprays du panel PRESSENS.

Tableau 14 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les sprays, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR11	8,2	1,5	19,8	3,7
PR12	0,6	0,5	4,1	3,6
PR15	879	2	1099	2

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

L'utilisation de sprays a conduit à des émissions de formaldéhyde très variables. Le spray automatique PR15 s'est caractérisé par des facteurs d'émissions de formaldéhyde très importants, aussi bien en considérant la masse de désodorisant utilisée que le nombre d'unité de spray testé. Au contraire, le spray manuel PR12 a montré, pour le formaldéhyde, un facteur d'émission unitaire faible et un facteur d'émission massique limité. Enfin, l'utilisation du spray manuel PR11 a été associée à des facteurs d'émissions spécifiques intermédiaires et bien significatifs pour le formaldéhyde.

3.2.2.3. Acroléine

Désodorisants non combustibles passifs

Le Tableau 15 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour l'acroléine, par les désodorisants non combustibles passifs du panel PRESSENS.

Tableau 15 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR1	4,0	5,0	3,7	4,5
PR2	LQ	-	LQ	-
PR3	ND	-	ND	-
PR4	ND	-	ND	-
PR5	ND	-	ND	-

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

En dehors du diffuseur passif par capillarité PR1, l'utilisation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ayant un mode de diffusion passif n'a pas été associée à l'émission d'acroléine. La présence de facteurs d'émissions significatifs pour ce composé pour le désodorisant PR1 n'a pas permis de généraliser un comportement spécifique pour cette famille de désodorisants non combustibles.

Désodorisants non combustibles actifs

Le Tableau 16 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour l'acroléine, par les désodorisants non combustibles actifs du panel PRESSENS.

Tableau 16 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR8	79	32	757	181
PR9	ND	-	ND	-

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Le diffuseur électrique PR8 a été caractérisé par une émission importante d'acroléine lors de son utilisation. Au contraire, la clé USB (PR9) n'a pas été associée à l'émission de ce COV lors de son fonctionnement. Comme pour les diffuseurs passifs, il n'a pas été possible de généraliser un comportement spécifique pour cette famille de désodorisants non combustibles.

Désodorisants non combustibles en sprays et aérosols

Le Tableau 17 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour l'acroléine, par les sprays du panel PRESSENS. Lors de l'utilisation des sprays manuels PR11 et PR12, aucune émission d'acroléine n'a été observée. Au contraire, la mise en œuvre du spray automatique PR15 a conduit à une émission significative d'acroléine. De plus, les essais réalisés pour ce désodorisant ont été bien répétables. De nouveau, il n'a pas été possible de proposer une tendance spécifique pour ce type de désodorisants concernant les émissions d'acroléine.

Tableau 17 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les sprays, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR11	ND	-	ND	-
PR12	ND	-	ND	-
PR15	7,1	0,1	8,8	0,1

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

3.2.2.4. Terpènes

Afin d'effectuer une comparaison pertinente des données relatives aux terpènes, en considérant les spécificités des méthodes déployées dans chaque laboratoire (off-line vs on-line), la somme des émissions de terpènes identifiées lors des prélèvements off-line a été calculée pour chaque essai.

Globalement, les émissions de terpènes ont été dominées par les COV suivants : le limonène, l'eucalyptol, le linalool, les pinènes, le β -caryophyllène, l' β -phellandrene, le géraniol (nérol), l' β -terpinéol, le p-cymène, etc.

Désodorisants non combustibles passifs

Le Tableau 18 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour les terpènes, par les désodorisants non combustibles passifs du panel PRESSENS.

Tableau 18 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR1	3961	3792	3736	3257
PR2	163	27	78	3
PR3	545	111	12315	111
PR4	522	130	2609	648
PR5	203	38	1013	201

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les émissions de terpènes par les diffuseurs passifs du panel PRESSENS se caractérisaient par une diversité de niveaux.

Ainsi, en considérant les facteurs d'émissions unitaires : (i) le diffuseur passif par capillarité PR1 a été le désodorisant le plus émissif, (ii) les diffuseurs PR3 et PR4 présentaient des niveaux proches et intermédiaires et (iii) les diffuseurs PR2 et PR4 étaient émissifs et proches en formaldéhyde. En considérant les facteurs d'émissions massiques, le désodorisant non combustible passif le plus émissif a été PR3 tandis que le moins émissif était PR2. Les désodorisants PR1 et PR4 présentaient des niveaux du même ordre de grandeur tandis que les émissions de PR5 étaient sensiblement inférieures. Globalement, les diffuseurs passifs étaient des sources d'émissions de terpènes significatives, et variables d'un désodorisant à l'autre, mais toujours relativement élevées.

Désodorisants non combustibles actifs

Le Tableau 19 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour les terpènes, par les désodorisants non combustibles actifs du panel PRESSENS.

Tableau 19 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR8	444	208	4001	583
PR9	9919	2906	35085	3219

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les diffuseurs actifs du panel PRESSENS se caractérisaient par des émissions importantes de terpènes lors de leur utilisation. La clé USB (PR9) présentait des niveaux près de 10 fois supérieurs à ceux du diffuseur électrique, PR8. Les émissions de terpènes étaient dominées par le limonène, l'eucalyptol...

Désodorisants non combustibles en sprays et aérosols

Le Tableau 20 rassemble les facteurs d'émissions massiques et unitaires déterminés pour les terpènes, par les sprays du panel PRESSENS.

Tableau 20 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les sprays, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR11	24686	6228	59256	14950
PR12	407	92	2848	640
PR15	423	7	523	9

ND : non détecté / LD : inférieur à la limite de détection / LQ : inférieur à la limite de quantification

Les sprays du panel PRESSENS se caractérisaient par des émissions importantes de terpènes lors de leur utilisation. Le spray PR11 a présenté des niveaux près de 60 fois supérieurs à ceux des sprays PR12 et PR15. A noter que le facteur d'émissions massiques du produit PR12 était supérieur à celui du spray PR11, bien que leurs facteurs d'émissions unitaires soient proches, comportement qui s'expliquait par la quantité différente de produit diffusé lors de chaque pulvérisation.

3.2.2.5. Particules

Désodorisants non combustibles passifs et actifs

Les mesures de particules ont été déployées pour les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS intégrés à l'évaluation en conditions maîtrisées. Les diffuseurs passifs et les diffuseurs actifs n'ont pas mis en évidence d'émissions de particules significatives.

Désodorisants non combustibles en sprays et aérosols

En ce qui concerne les sprays, les facteurs d'émissions massiques et unitaires sont présentés dans le Tableau 21 pour la référence PR15. Suite à des dysfonctionnements métrologiques les mesures pour PR11 et PR12 ne sont pas exploitables quantitativement mais d'un point de vue qualitatif, il est intéressant de noter que des émissions de particules ont été systématiquement notées lors de l'évaluation de ces sprays.

Tableau 21 : Facteurs d'émissions spécifiques des particules PM_{10} par les sprays, en chambre d'essai d'émissions

Référence	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{u}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type	SER ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$)	écart-type
PR15	21	2	26	1

Il apparaît que le spray automatique PR15 a conduit, lors de son utilisation, à une émission significative de particules. Les écart-types associés aux mesures étaient inférieurs à 10 %, mettant en évidence une relative répétabilité des essais.

La Figure 13 illustre en détail les émissions de particules par le spray automatique PR15. Si l'émission a semblé constante par rapport à l'exploitation statistique des mesures, il apparaît une certaine variabilité des émissions des particules par le spray automatique PR15. Cette variabilité, bien que limitée, témoignait d'une légère instabilité de fonctionnement diffuseur, dont l'enchaînement des pulvérisations était géré de manière automatique. Ainsi, ce mode de fonctionnement ne semblait pas garantir une stabilité absolue.

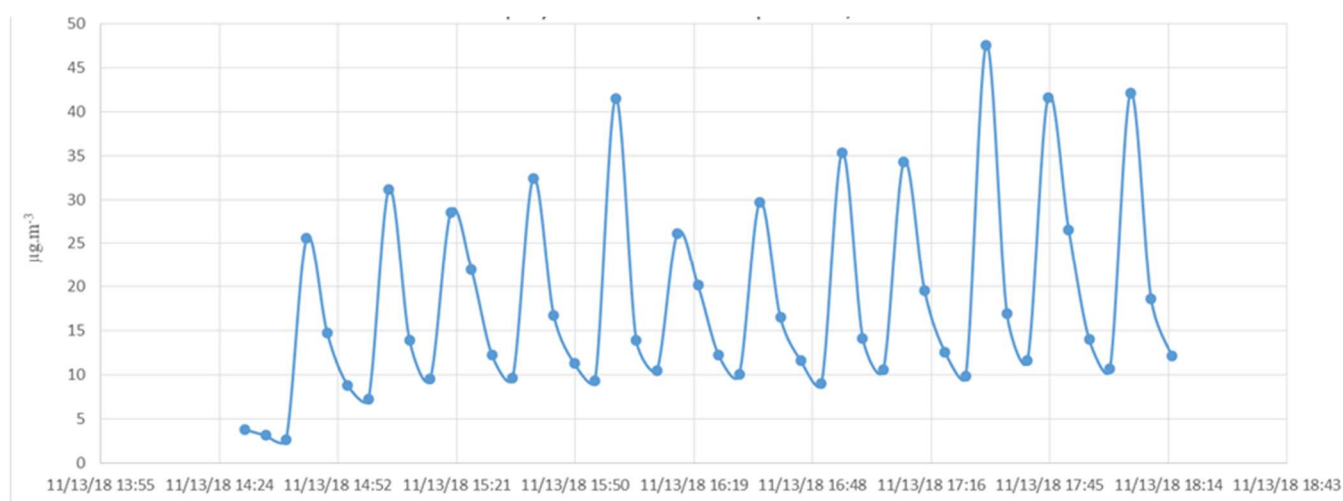


Figure 13 : Emissions de particules lors de l'utilisation du spray automatique PR15 en chambre d'essai

3.3. Conclusions

Au cours de cette tâche, les **émissions de dix désodorisants non combustibles** issus du panel PRESSENS ont été évaluées en conditions maîtrisées à l'aide de chambre d'essais d'émissions. Une **étude de robustesse** a mis en évidence la pertinence du protocole d'évaluation développé associant des **scénarios spécifiques de mise en œuvre et une métrologie adaptée** dans le cadre du projet PRESSENS. Ainsi la **répétabilité** et la **reproductibilité** de la méthode ont été évaluées. Les mesures de composés volatils réalisées à l'aide de dispositifs off-line et on-line ont également montré **leur cohérence et leur adéquation** pour l'évaluation des **émissions volatiles et particulaires** des désodorisants non combustibles.

Les résultats montrent que, globalement, **les niveaux d'émissions observées ont été très variables au sein d'une catégorie, ainsi qu'au sein d'une typologie**. De plus, **pour un même désodorisant non combustible évalué**, une **hétérogénéité des émissions** a également été parfois notée. Cependant, certaines tendances ont pu être identifiées :

- Les émissions des diffuseurs passifs sont apparues sensiblement inférieures aux diffuseurs actifs **sur la durée de l'essai (i.e., 4 heures)**.
- En ce qui concerne les COV cibles de l'ERS, il est intéressant de noter que des émissions de benzène significatives, voire élevées, ont été observées, sans corrélation apparente avec le mode de fonctionnement du désodorisant non combustible testé (continue / transitoire). Ainsi, parmi les désodorisants non combustibles testés, des émissions importantes de benzène ont été observées pour : le diffuseur électrique PR8, les diffuseurs par capillarité PR1 et PR3, et les trois sprays et aérosols PR11, PR12 et PR15.

- Des émissions de formaldéhyde très importantes ont également pu être soulignées pour l'ensemble des catégories (diffuseurs actifs et diffuseurs passifs) évaluées. Les émissions les plus élevées ont été notées pour l'aérosol PR15 et le diffuseur électrique PR8, puis les diffuseurs par capillarité PR1 et PR3. L'utilisation des sprays PR11 et PR12 a également été accompagnée à des émissions significatives de formaldéhyde.
- L'acroléine a été identifiée lors de l'utilisation du diffuseur passif par capillarité PR1, du diffuseur électrique PR8 et de de l'aérosol automatique PR15.
- Enfin, les émissions des désodorisants non combustibles testés sont apparues dominées par les terpènes avec des niveaux variables sur une large gamme de mesures.

Au cours de cette tâche, les émissions de dix désodorisants non combustibles issus du panel PRESSENS ont été évaluées en conditions maîtrisées à l'aide de chambre d'essais d'émissions. Une étude de robustesse a mis en évidence **la pertinence du protocole d'évaluation développé associant des scénarios spécifiques de mise en œuvre et une métrologie adaptée** dans le cadre du projet PRESSENS. Ainsi la répétabilité et la reproductibilité de la méthode ont été évaluées.

L'ensemble des mesures réalisées dans des conditions maîtrisées en chambre d'essais a mis en évidence une émission systématique de composés volatils lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles considérés. L'utilisation de sprays du panel PRESSENS a également été associée, en plus des émissions en COV, à des émissions importantes de particules.

Ainsi, l'évaluation des émissions volatiles et particulaires apparaît nécessaire pour renseigner les composés émis et leurs niveaux de concentrations associés.

Le protocole proposé dans le cadre du projet PRESSENS permet de disposer d'un cadre robuste et réaliste pour cette évaluation.

Au cours de ces essais, il est apparu une hétérogénéité des émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles testés dans le cadre du panel PRESSENS, aussi bien sein d'une même catégorie, mais également pour de désodorisants non combustibles de même typologie.

Cette hétérogénéité, qui semble caractériser les émissions de plusieurs de ces désodorisants non combustibles, conduit à renforcer la nécessité de les évaluer afin de disposer de données pertinentes pour proposer des actions de limitation de cette source de pollution dans les environnements intérieurs.

4. Evaluation des émissions de désodorisants non combustibles en conditions réalistes

Une campagne de mesures dans la **maison expérimentale MARIA** (Maison Automatisée pour des Recherches Innovantes sur l'Air) du CSTB a été réalisée afin de caractériser les émissions en composés volatils et particulaires d'une sélection de désodorisants non combustibles, dans des conditions réalistes d'utilisation et de mise en œuvre.

4.1. Constitution du panel de désodorisants non combustibles

L'ensemble des désodorisants non combustibles constituant le panel PRESSENS (Tableau 1) a été étudié au cours de la campagne expérimentale menée dans la maison MARIA.

4.2. Méthodologie

4.2.1. Présentation de la maison expérimentale MARIA

La maison expérimentale MARIA du CSTB (Figure 14), est située sur le site de Champs-sur-Marne. Elle possède cinq pièces principales (trois chambres, une cuisine et un double séjour) ainsi que deux toilettes, une salle de douche et une salle de bain, réparties sur deux niveaux [44]. Enfin, un sous-sol total complète ce logement dont la superficie totale est égale à 214 m².

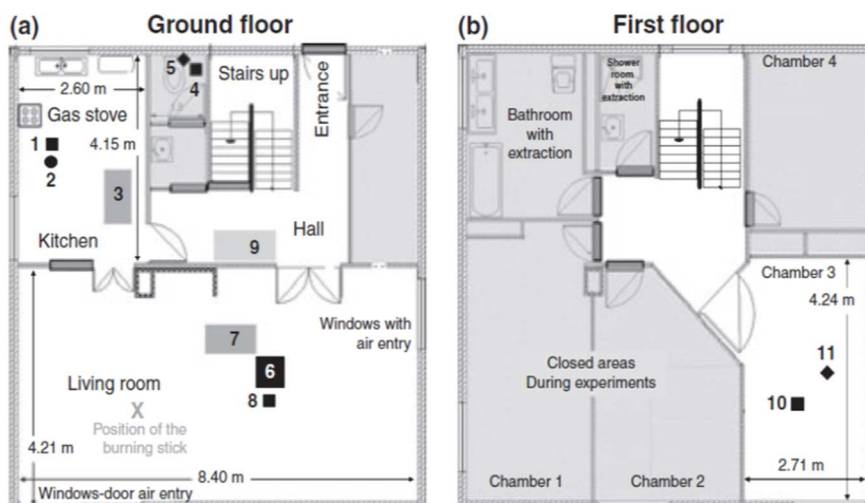


Figure 14 : Maison expérimentale MARIA du CSTB, Champs-sur-Marne

La campagne de mesure *in situ* a été réalisée en période hivernale afin de limiter les interactions potentielles entre les composés volatils émis par les désodorisants non combustibles à tester et les polluants oxydants présents à l'extérieur, en particulier l'ozone².

Les expérimentations ont été conduites dans une chambre de 32 m³ vide de tout mobilier, dont les revêtements de finition sont minimaux : sol en béton brut, murs en plaque de plâtre peintes, plafond en béton peint. Les conditions de ventilation dans la pièce étaient parfaitement maîtrisées. Les conditions de ventilation dans la pièce étaient parfaitement maîtrisées. L'entrée d'air était effectuée par une bouche d'aération (arrivée d'air extérieur) et l'extraction de l'air de la pièce se faisait de manière forcée à travers une fausse porte.

Cet outil expérimental, que constitue la maison MARIA, a été éprouvé lors de multiples projets de recherches. Ainsi, des expérimentations mettant en œuvre des bougies et des encens [9-12] ainsi que des diffuseurs électriques et des sprays contenant des produits phytosanitaires [34, 35] ont précédemment été conduites. L'impact de l'utilisation des produits d'entretien a également été évalué lors de campagnes de mesures estivales et hivernales réalisées dans le cadre du projet de recherche ADOQ [4] ainsi que du projet de recherche PEPS [5]. Des campagnes d'étude de la réactivité chimique liée à la présence de produits de construction dans les environnements intérieurs ont été menées dans le cadre de précédents travaux de recherche [45, 46].

² Il est à noter que la réactivité des émissions de certains désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs, et notamment les interactions avec les surfaces et avec les oxydants potentiellement présents, tels que l'ozone, a été abordée dans le cadre du projet de recherche ESSENTIEL [24].

4.2.2. Composés mesurés et métrologie associée

Les **substances d'intérêt** mesurées dans le cadre de cette campagne de mesures ont été les mêmes que pour l'évaluation des émissions en conditions maîtrisées présentées dans le paragraphe précédent. Ainsi, les **composés organiques volatils** et les **composés carbonylés** cibles ainsi que les **particules** ont été recherchés de manière systématique.

Les différentes techniques de prélèvement et d'analyse mises en œuvre pour mesurer ces espèces d'intérêt ont également permis de suivre d'autres substances émises par les désodorisants non combustibles, qui n'auraient pas été définies initialement comme prioritaires. La métrologie déployée au cours de la campagne de mesures a associé des **mesures directes** (on-line) et **indirectes** (off-line) (Tableau 22). En complément, des **analyseurs en ligne** d'ozone et d'oxydes d'azote ont été mis en place. Les paramètres environnementaux ont également été suivis à l'aide d'une métrologie adaptée : température, humidité relative, débit et vitesse d'air.

Pour les mesures off-line réalisées à l'aide de tubes et cartouches contenant des adsorbants spécifiques, analysés par chromatographie, une liste de COV cibles a été établie (Annexe 1) afin de les quantifier spécifiquement. Les autres COV identifiés ont été quantifiés par rapport au facteur de réponse du toluène. La somme des COV totaux (COVT) a également été déterminée en accord avec les recommandations de la norme dédiée [18].

Les incertitudes analytiques associées aux techniques de mesures off-line ont été déterminées par la participation annuelle, avec succès, du laboratoire à des campagnes interlaboratoires. Ainsi, les incertitudes ont été estimées à 15 % pour les COV et 10 % pour les aldéhydes.

4.2.1. Protocoles d'essai

Les désodorisants non combustibles testés ont été mis en œuvre au sein de la pièce d'étude de la maison expérimentale MARIA selon des **scénarii réalistes d'utilisation**. Le protocole d'essais mis en place lors de la campagne de mesures, associé à la métrologie déployée, à savoir des mesures off-line et on-line, a permis d'obtenir **un suivi des concentrations des composés d'intérêt avant** (blanc), **pendant et après l'utilisation de désodorisants non combustibles**. Tous les désodorisants non combustibles ont été testés lors de deux essais distincts. Ainsi, **34 essais** ont été réalisés au cours de la campagne.

Tableau 22 : Techniques de prélèvements et d'analyses mises en œuvre pour la caractérisation des émissions de polluants gazeux et particulaires par les désodorisants non combustibles

Paramètres	Mesure Off-Line	Mesure On-Line
Composés Organiques Volatils (COV)	Prélèvement sur des tubes contenant des adsorbants spécifiques	
	Analyse par chromatographie gazeuse couplée à un spectromètre de masse après thermodésorption (TD/GC/MS) Méthode conforme à la norme NF ISO 16000-6 [18] et NF ISO 16516 [47]	Prélèvement et analyse par PTR-ToF-MS (Proton Transfer Reaction – Time of Flight - Mass Spectrometer)
Composés carbonylés	Prélèvement sur des cartouches contenant un adsorbant spécifique (DNPH) Extraction par solvant (acétonitrile) Analyse par chromatographie liquide couplée à un détecteur UV (HPLC-UV) Méthode conforme à la norme NF ISO 16000-3 [19] et NF ISO 16516 [47]	Analyse simultanée en temps réel d'un très grand nombre de COV avec une sensibilité de l'ordre de quelques ppt
Particules	-	Prélèvement et analyse par HR-ToF-AMS + mesure par OPC et SMPS-CNC HR-ToF-AMS (High Resolution – Time of Flight Aerosol Mass Spectrometer) = Analyse en temps réel de la composition chimique des particules d'une population, ainsi que la classification de ces particules en cluster sur la base de leurs propriétés chimiques. OPC (Optical Particle Counter) = Evolution des concentrations et de la taille des particules comprises entre 260 nm et 3200 nm. SMPS (Scanning Mobility Particle Sizer) et CNC (Compteur à Noyaux de Condensation) = Evolution des concentrations et de la taille des particules comprises entre 10 nm et 807 nm.



Figure 15 : Illustrations de quelques essais réalisés dans la maison MARIA

4.3. Evaluation des émissions

4.3.1. Cohérence des approches métrologiques

La Figure 16 et la Figure 17 présentent respectivement un exemple des résultats pour la mesure du formaldéhyde (lors de l'essai sur le diffuseur PR1) et des monoterpènes (lors de l'essai sur le diffuseur PR3). Ces graphiques combinent les mesures off-line normalisées (histogrammes) aux mesures on-line (points).

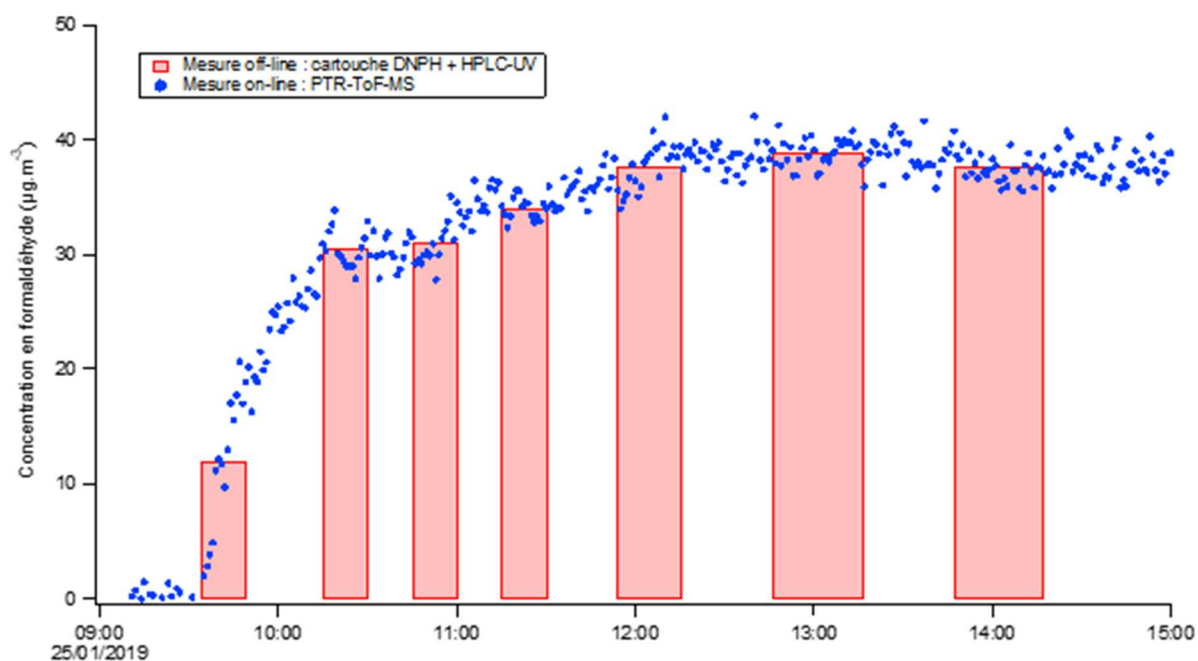


Figure 16 : Mesure du formaldéhyde dans la chambre expérimentale MARIA durant l'essai sur le diffuseur PR1

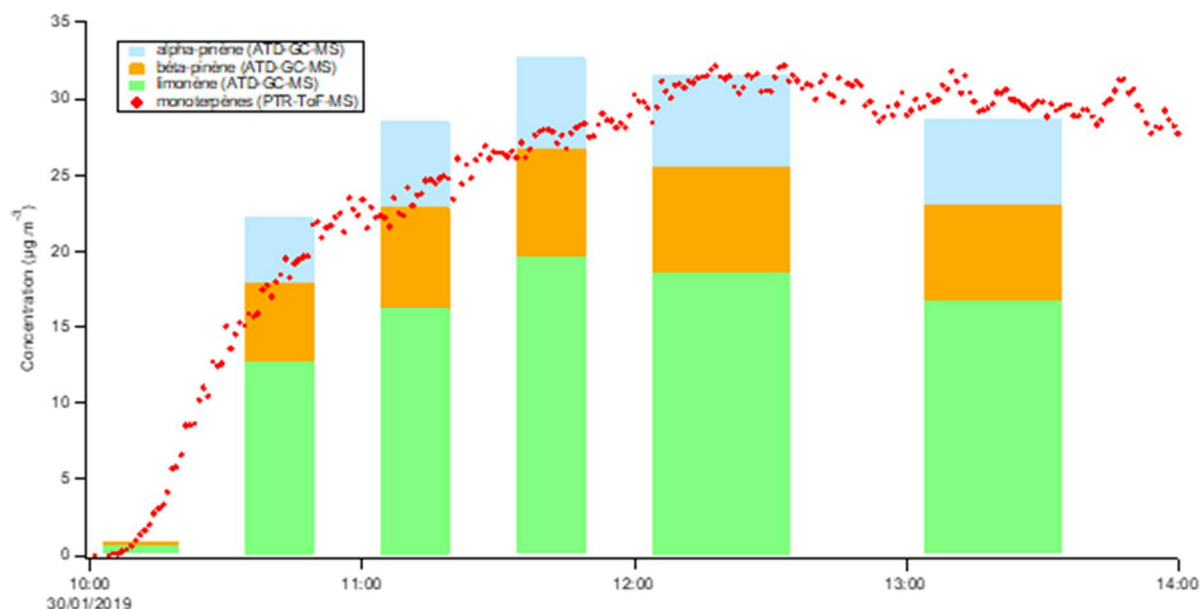


Figure 17: Mesure des monoterpènes dans la chambre expérimentale MARIA durant l'essai sur le diffuseur PR3

Notons tout d'abord la bonne cohérence entre les résultats obtenus avec ces deux systèmes de mesures, ce qui permet de valider les mesures on-line.

Les approches entre les mesures on-line et off-line sont complémentaires. Sur la Figure 17, la mesure on-line quantifie la totalité des monoterpènes car le PTR-ToF-MS n'est pas capable de détecter indépendamment des composés ayant la même masse nominale. Dans cet exemple, les données off-line et on-line sont en accord ce qui semble indiquer que tous les monoterpènes ont été discriminés via la méthode off-line.

Les mesures off-line ont été utilisées pour l'évaluation des risques sanitaires chroniques tandis que les mesures on-line ont permis d'estimer les expositions sur les courtes durées en utilisant notamment la concentration maximale mesurée sur 1 heure.

4.3.2. Emissions de COV

Les paragraphes suivants détaillent les résultats obtenus pour (i) le benzène, (ii) le formaldéhyde, (iii) l'acroléine, (iv) les monoterpènes, (v) les autres COV et COV totaux et (vi) les particules.

La **dynamique d'émission** des désodorisants non combustibles testés s'est avérée **très dépendante du désodorisant non combustible**. En effet, même à l'intérieur d'une catégorie, les profils d'émissions pouvaient être différents d'un diffuseur à un autre. Afin de conserver un maximum d'homogénéité entre les valeurs de concentrations mesurées et permettre de les discuter, des concentrations moyennes ont été calculées. Elles prennent en compte les concentrations mesurées au cours des deux premières heures suivant le début de l'utilisation du désodorisant, quel que soit le mode d'application considéré.

Pour chaque composé, les **concentrations moyennes mesurées** ont été discutées par catégorie de désodorisants non combustibles avec une différenciation supplémentaire pour les diffuseurs actifs. Ainsi, les données sont présentées sous trois troupes : (i) diffuseurs passifs, (ii) diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols) et (iii) diffuseurs actifs type sprays et aérosols.

4.3.2.1. Benzène

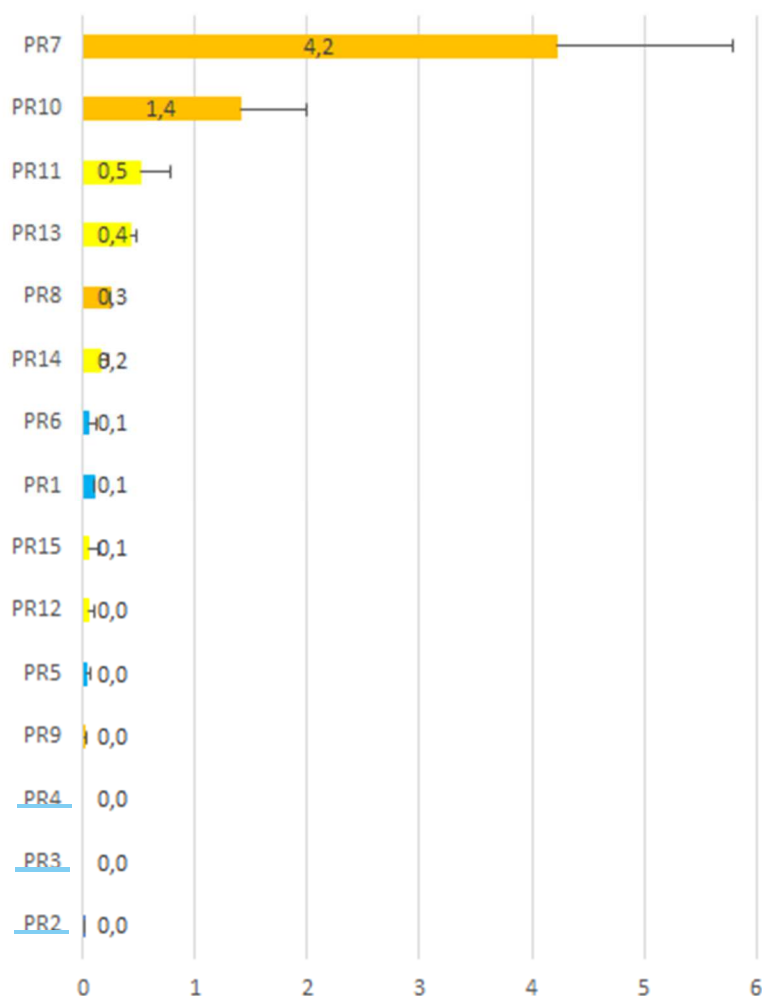


Figure 18 : Concentrations moyennes en benzène pendant les 2 premières heures de l'essai (µg.m⁻³) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)

La Figure 18 présente les concentrations moyennes de benzène, mesurées dans la maison MARIA, lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS.

Les diffuseurs passifs sont apparus pas ou peu émetteurs de benzène. Il n'a été quantifié qu'à des très faibles teneurs dans six désodorisants non combustibles testés.

Parmi les désodorisants non combustibles actifs mis en œuvre dans la maison MARIA, les diffuseurs électriques à chaleur ou ultrasons ont été les plus émetteurs de benzène. Le mode d'application, c'est-à-dire chauffer un mélange parfumé, semble être responsable de cette émission puisqu'elle ne peut être associée à la composition du parfum (mélange d'huiles essentielles ou autre).

4.3.2.1. Formaldéhyde

La Figure 19 présente les concentrations moyennes de formaldéhyde, mesurées dans la maison MARIA, lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS.

Le formaldéhyde est un polluant primaire, généré directement par une source, ou secondaire, issu de la réactivité entre un composé et un oxydant présent dans l'atmosphère de la pièce. L'exemple le plus classique est l'ozonolyse de certains terpènes, type limonène, qui produit, entre autres, du formaldéhyde.

En dehors du diffuseur PR8, des émissions de formaldéhyde ont été observées pour l'ensemble des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS testés dans la maison MARIA.

Le désodorisant non combustible le plus émissif du panel a été le diffuseur passif PR1, faiblement émetteur par ailleurs de terpènes. On peut donc supposer que le formaldéhyde mesuré lors de l'utilisation de ce désodorisant est uniquement d'origine primaire.

Dans une moindre mesure, les diffuseurs passifs solides ont également émis du formaldéhyde mais avec une grande hétérogénéité dans les répétitions d'essais. En effet, le premier essai (produit neuf) conduit souvent à une émission importante en comparaisons avec les essais suivants (i.e., produit déjà utilisé).

En ce qui concerne les diffuseurs actifs, les deux sprays assainissant et le diffuseur électrique à chaleur douce ont été les plus émetteurs de formaldéhyde. Aucun lien évident n'a pu être établi entre la diffusion, par ces désodorisants non combustibles, d'huiles essentielles contenant de nombreux terpènes, et la génération de formaldéhyde.

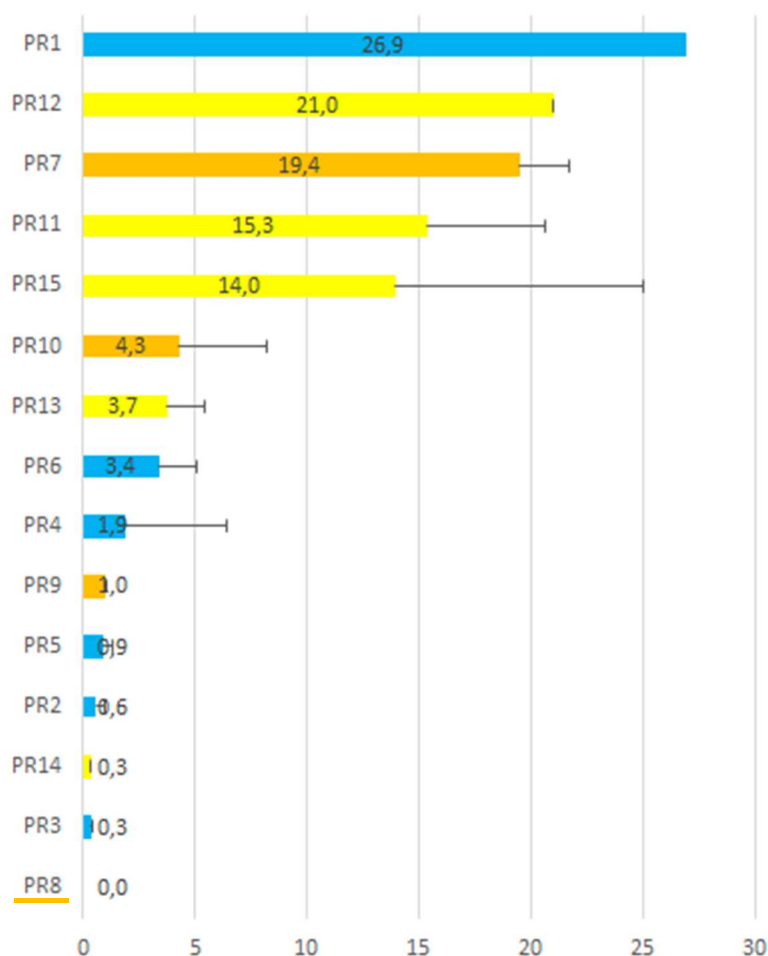


Figure 19 : Concentrations moyennes en formaldéhyde pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)

4.3.2.2. Acroléine

La Figure 20 présente les concentrations moyennes d'acroléine, mesurées dans la maison MARIA, lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS.

Les diffuseurs passifs ont été pas ou très peu émetteurs d'acroléine. Au contraire, des émissions d'acroléine ont été observées systématiquement lors de l'utilisation de sprays à application manuelle.

L'acroléine est essentiellement formée suite à des processus de combustion ou de chauffage de matières organiques, ce qui pourrait donc être son origine pour les diffuseurs PR7 et PR10.

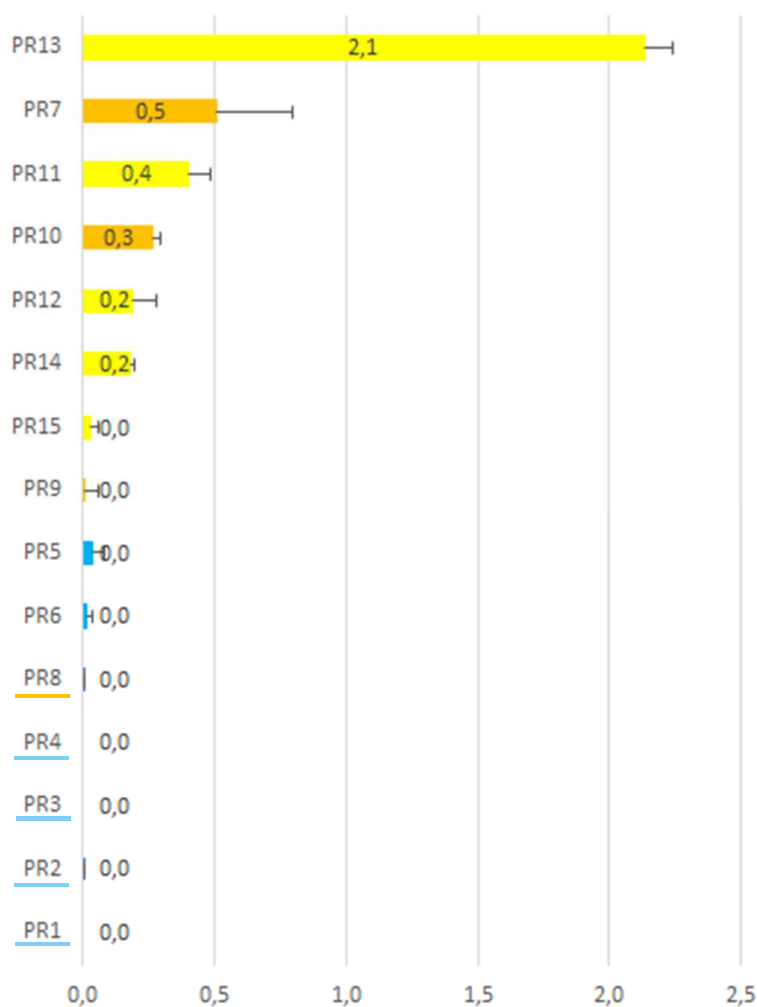


Figure 20 : Concentrations moyennes en acroléine pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)

4.3.2.3. Terpènes

La Figure 21 représente les concentrations d'un monoterpène particulier, le limonène. Ce choix de représentation est guidé par (i) l'analyse des compositions (le limonène est présent dans la plupart des compositions des désodorisants non combustibles étudiés) et (ii) l'évaluation de risques sanitaires (le limonène est intégré dans la liste des COV cibles du fait de son potentiel impact sanitaire).

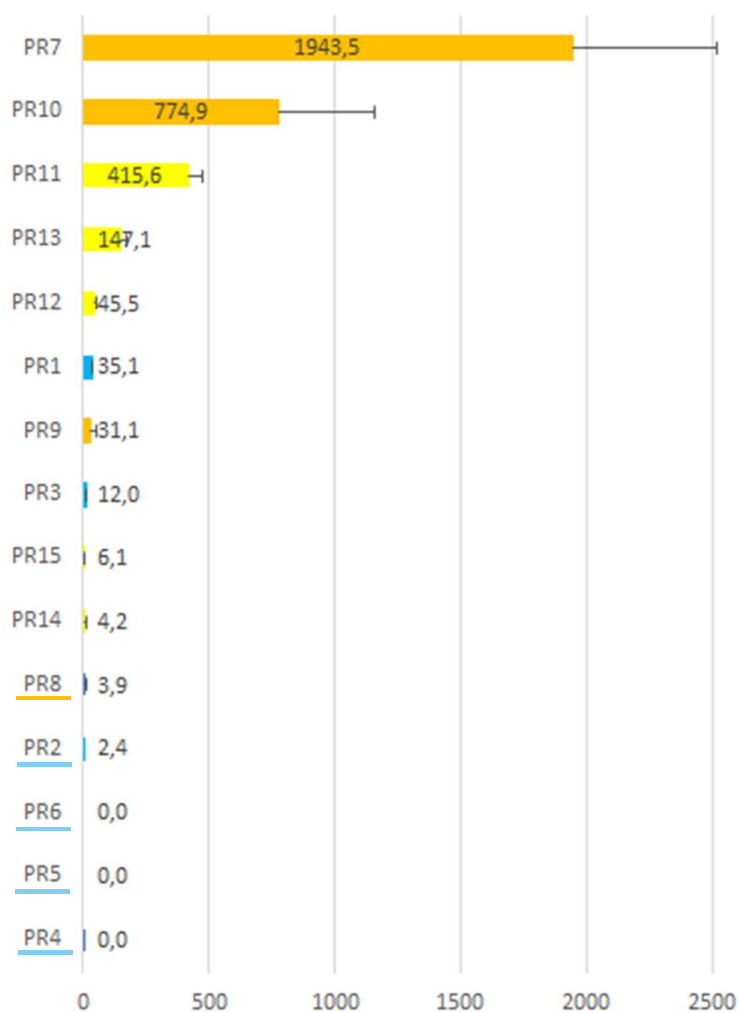


Figure 21: Concentrations moyennes en limonène pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)

De par leur mode de fonctionnement, à savoir une diffusion pendant 58 minutes de gouttes d'huiles essentielles chauffées pour le diffuseur PR7 et pendant 30 minutes d'huiles essentielles entraînées par de la vapeur d'eau pour le diffuseur PR10, ces deux désodorisants ont été les plus émetteurs de limonène (et de terpènes) sur les deux premières heures suivant le début de l'application.

Les sprays ont également été émetteurs de limonène (et de terpènes). Toutefois, la diffusion de ces désodorisants non combustibles a été beaucoup plus courte (pulvérisation de 4 à 5 secondes). Les concentrations mesurées ont donc été plus importantes lors de la pulvérisation mais la concentration moyenne est restée plus faible sur les 2 heures suivant le début de l'application car le limonène a le temps d'être éliminé par le renouvellement d'air de la pièce.

Le lien entre la composition des désodorisants non combustibles et la présence de limonène dans la pièce au cours de l'essai n'a pas toujours été direct. Ainsi, il n'y a eu aucune quantification de limonène lors des essais des diffuseurs passifs PR4, PR5 et PR6, alors que ce composé était présent, parfois majoritairement, dans leur composition.

4.3.2.4. Particules

La Figure 22 représente la concentration moyenne en particules dont la taille est comprise entre 260 nm et 2,25 μm (mesures réalisées par un OPC) au cours des deux premières heures suivant le début de l'utilisation du désodorisant non combustible. Ne sont donc pas comptabilisées ici les particules ultrafines (taille inférieure à 100 nm) et les particules grossières (fraction des PM_{10} dont la taille est comprise entre 2,5 et 10 μm).

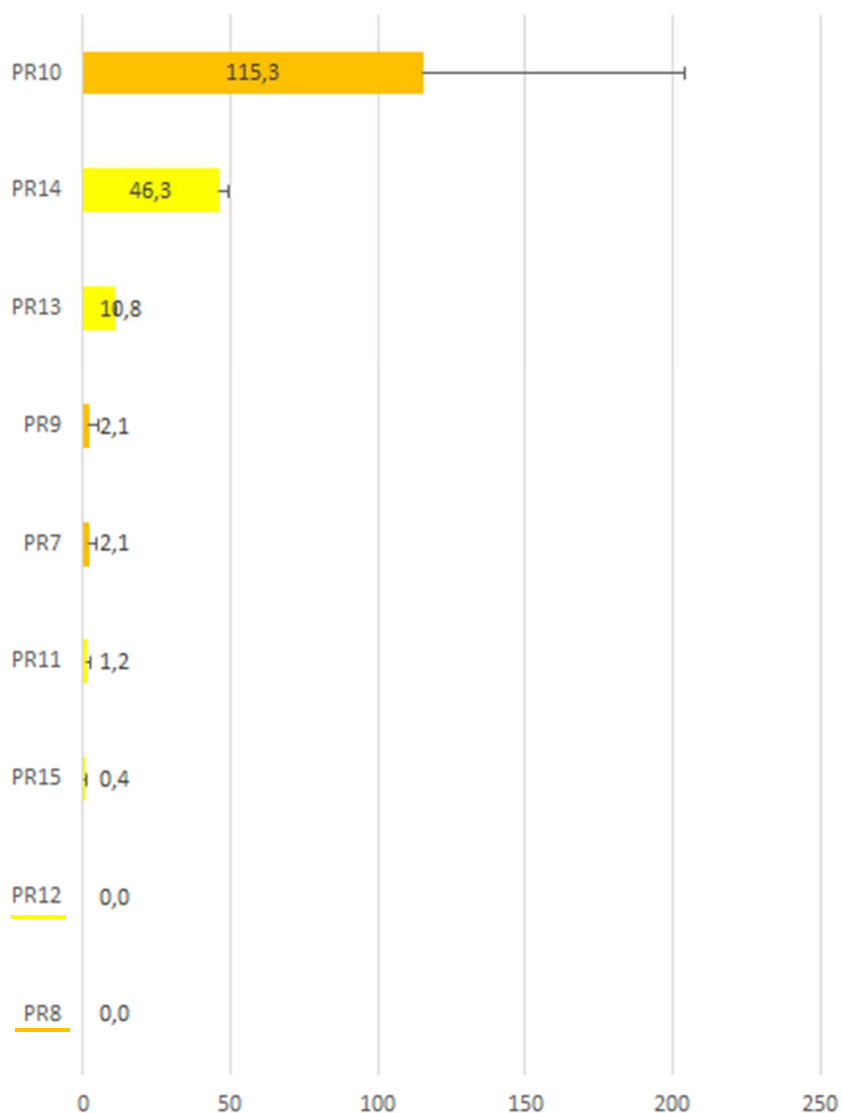


Figure 22 : Concentrations moyennes en particules $\text{PM}_{2,5}$ pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)

De par leur mode de fonctionnement, les diffuseurs passifs n'ont pas émis directement de particules.

Les diffuseurs actifs les plus émetteurs de particules ont été les sprays. En effet, leur utilisation consistait en une pulvérisation de 4 à 5 secondes au milieu de la pièce. D'un point de vue dynamique, suite à la pulvérisation, comme le montre l'exemple du spray PR13 (Figure 23) les niveaux de particules augmentaient fortement et très rapidement. L'élimination des particules du compartiment atmosphérique a également été rapide, car en plus du renouvellement d'air, le phénomène de déposition augmentait la cinétique d'élimination. Ceci conduit à un retour aux concentrations initiales en moins d'une heure. Cette dynamique rapide a engendré donc une moyenne plus faible sur les deux premières heures par rapport à la dynamique complète d'émission.

Le principe de fonctionnement du diffuseur PR10 était particulier puisqu'il restait en fonctionnement pendant 30 minutes et diffusait des huiles essentielles sous forme de vapeur d'eau. La dynamique d'émission (Figure 24) a engendré une concentration en particules sur les deux premières heures suivant

l'utilisation beaucoup plus importante que pour les autres désodorisants non combustibles testés dans la maison MARIA.

Enfin, l'utilisation des désodorisants non combustibles actifs PR7, PR8 et PR9 ne s'est pas accompagnée d'émission de particules, ce qui est en cohérence avec leur mode de diffusion.

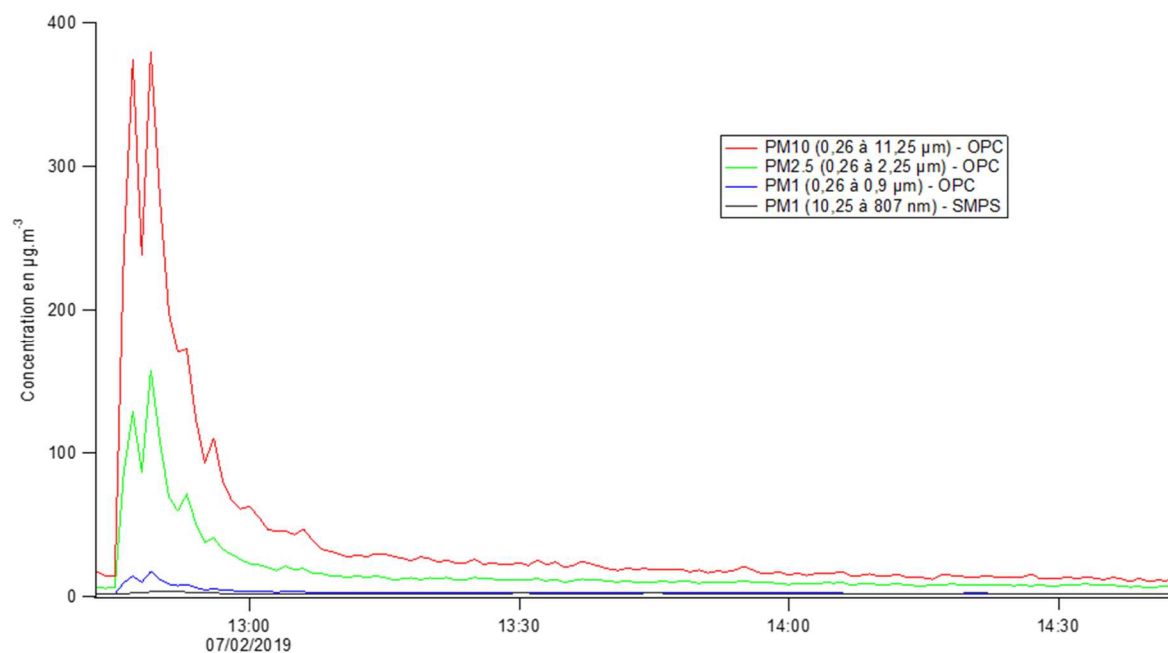


Figure 23 : Emissions de particules dans la maison MARIA lors de l'utilisation du spray PR13

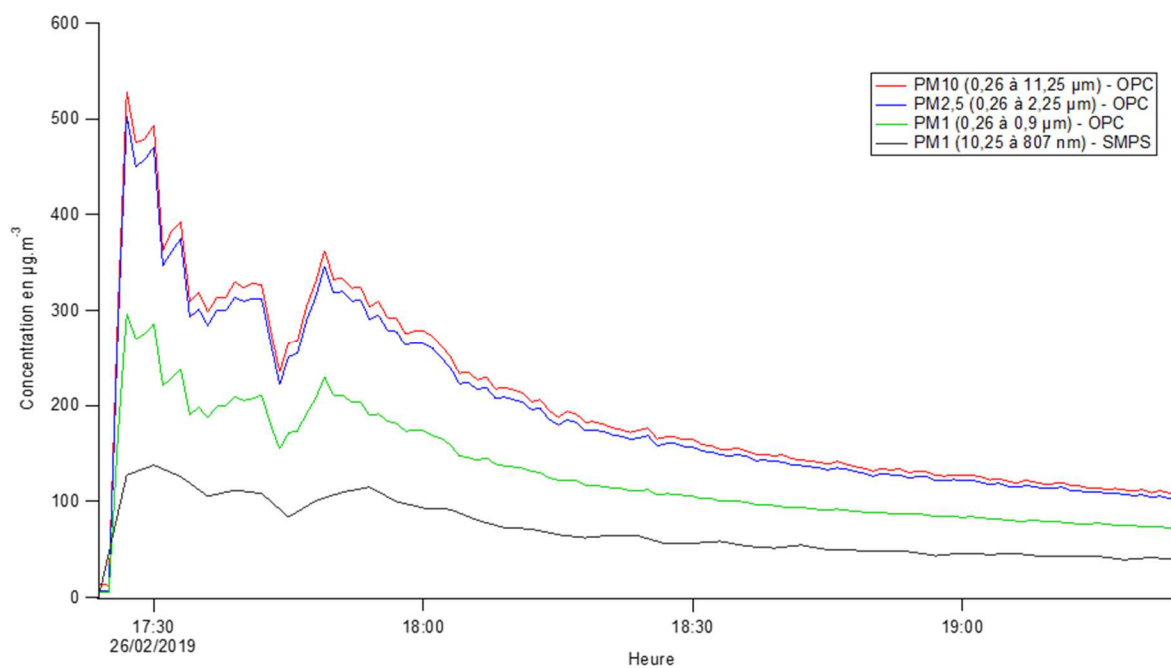


Figure 24 : Emissions de particules dans la maison MARIA lors de l'utilisation du diffuseur PR10

4.4. Conclusions

Lors de la réalisation des essais dans la maison expérimentale MARIA, **une grande disparité a été observée entre les émissions des différents désodorisants non combustibles testés, tant en termes de dynamique d'émission** (du spray dont la pulvérisation ne dure que quelques secondes au diffuseur passif dont la diffusion du parfum dure tout au long de l'application par le consommateur), **que de niveaux de concentrations** (d'inférieure à la limite de détection à la saturation de certains analyseurs). Ces observations rejoignent celles mises en évidence lors des essais menés en conditions contrôlées, à l'aide de chambre d'essai d'émissions.

Les résultats des essais conduits dans la maison MARIA ont été d'autant plus difficilement généralisables qu'il a été observé **une grande hétérogénéité des mesures pour l'utilisation d'un même désodorisant non combustible, malgré un protocole d'essai rigoureusement identique.**

Toutefois, il est apparu au cours des essais que :

- Les diffuseurs passifs testés dans le projet PRESSENS n'émettaient pas de particules à des niveaux quantifiables.
- Les diffuseurs actifs étaient plus émetteurs de COV et de composés carbonylés que les diffuseurs passifs (mis à part le diffuseur par capillarité PR1 qui a généré les plus importantes concentrations de formaldéhyde).
- La dynamique des émissions avait un rôle important dans les concentrations moyennes auxquelles sont exposées le consommateur.
- Lors de la première utilisation d'un désodorisant non combustible (i.e., produit neuf), les concentrations en COV et en composés carbonylés ont été généralement plus élevées que lors des utilisations suivantes.

Ce dernier point pourrait faire l'objet d'une recommandation générale pour le consommateur, à savoir qu'il ne doit pas utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée (par exemple, faire une ou deux pulvérisations pour les sprays, utiliser une première fois les systèmes actifs à chaleur ou ultrasons sans parfum...). La première utilisation d'un désodorisant non combustible (i.e., produit neuf) est en effet apparue beaucoup plus émissive que les suivantes.

Les désodorisants non combustibles du panel constitué dans le cadre du projet PRESSENS ont été testés dans la maison expérimentale MARIA, dans une pièce à échelle 1 (chambre de 30 m³), dans des conditions réalistes (température, humidité, renouvellement d'air, respect du mode d'emploi au consommateur). Chaque essai a été répété a minima deux fois, en suivant rigoureusement le même protocole.

Des mesures off-line normées et on-line ont été réalisées afin de suivre les concentrations des principaux COV et composés carbonylés, ainsi que des particules (de 10 nm à 32 µm).

Les résultats ont mis en évidence une **grande disparité entre les désodorisants non combustibles testés** (dynamique d'émission et niveaux de concentrations), ainsi qu'une **hétérogénéité des mesures** lors de la répétition des essais pour un même désodorisant non combustible, rendant ces **résultats difficilement généralisables.**

Au vu de ces essais, il est toutefois apparu qu'une indication du fabricant devrait préciser que la **première utilisation** du désodorisant non combustible (i.e., produit neuf) est beaucoup **plus émissive que les suivantes**. Il conviendrait donc de recommander au consommateur de ne pas utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé une première fois soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée.

5. Évaluation des expositions et des risques sanitaires liés aux émissions mesurées dans la maison expérimentale MARIA

KARR G., QUIVET E., RAMEL M. and NICOLAS M. Sprays and diffusers as indoor air fresheners: exposure and health risk assessment based on measurements under realistic indoor conditions. *Indoor Air*, 2021. <http://doi.org/10.1111/ina.12923>

Sur la base des émissions des désodorisants non combustibles testés dans la maison MARIA, présentées à la section 4, la section 5 présente une déclinaison de la démarche d'Évaluation des risques sanitaires (ERS), visant à caractériser les enjeux sanitaires associés aux usages domestiques de désodorisants non combustibles.

La démarche ERS a été initialement développée par l'Académie des sciences américaine [48, 49]. Elle est aujourd'hui utilisée dans de nombreux contextes, en France et à l'international. En particulier, elle constitue une méthode classique en santé environnementale [50-57]. En termes de contexte, du point de vue sanitaire, la présente ERS s'inscrit dans la continuité d'une démarche de priorisation et d'évaluation des risques liés aux produits de consommation courante, menée par l'Ineris dans le cadre de ses travaux d'appui auprès du ministère en charge de l'environnement [21, 22, 23]. En particulier, de précédentes études [12, 58] ont permis de caractériser les risques sanitaires associés aux désodorisants combustibles : encens, bougies parfumées, lampes à catalyse...

La présente ERS vise à présent à mieux connaître les risques associés aux désodorisants non combustibles. Plus précisément, le champ de cette ERS inclut :

- Les expositions par inhalation – les autres voies d'exposition, comme le contact cutané par exemple, sont hors du champ de l'étude ;
- Les expositions de long terme (chroniques) et les expositions de court terme (aigües) ;
- Les usages domestiques – les autres types d'usages, comme ceux associés aux milieux professionnels (vendeurs, conducteurs de véhicules...), sont hors du champ de l'étude.

Après l'identification des substances toxiques émises par les désodorisants non combustibles testés, décrite à la section 2, la section 3 décline les étapes successives de la démarche ERS : les sous-sections 5.1, 5.2 et 5.3 portent respectivement sur la caractérisation de la toxicité des substances émises (relations doses-réponses), l'évaluation des expositions et la caractérisation des risques sanitaires.

5.1. Caractérisation de la toxicité des substances émises

5.1.1. Toxicité des substances chimiques – généralités

La toxicité d'une substance se caractérise par les effets qu'une exposition est susceptible de générer sur la santé humaine. Ces effets peuvent être décrits (i) **qualitativement** : mécanismes, organes cibles, données populationnelles, etc. ; et (ii) **quantitativement** : limites de concentration dans l'air, excès de risque associé à une exposition, etc.

Lorsque le niveau d'exposition croît, le premier effet sanitaire qui apparaît est appelé effet critique. Les valeurs toxicologiques de référence (VTR) caractérisent la relation entre un niveau d'exposition et la possibilité ou la probabilité d'apparition de l'effet critique. On parle de « relation dose-effet ».

Les VTR sont établies sur la base d'une analyse des connaissances toxicologiques et épidémiologiques disponibles.

Concernant les expositions chroniques, selon les mécanismes toxiques mis en jeu, deux types d'effets sanitaires sont considérés :

- Les effets apparaissant à partir d'un seuil de dose d'exposition. Dans ce cas, une VTR représente le seuil en-dessous duquel aucun effet sanitaire n'est attendu. Au-delà de ce seuil, un effet sanitaire est possible. On parle de « VTR à seuil ». Pour une exposition par inhalation, les VTR à seuil s'expriment en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ;

- Les effets qui peuvent apparaître quelle que soit la dose d'exposition. Il s'agit le plus souvent d'effets cancérogènes. Dans ce cas, une VTR représente la probabilité supplémentaire, par rapport à une situation sans exposition, qu'un individu contracte un effet, s'il est exposé pendant sa vie entière à une unité de dose. On parle de « VTR à seuil » ou d'« Excès de Risque Unitaire » (ERU). Les VTR à seuil s'expriment dans une unité inverse de celle de l'exposition : pour la voie inhalation, il s'agit de $(\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$.

Concernant les expositions de courte durée, soit entre quelques heures et quelques jours, également appelées « expositions aiguës », seules des VTR à seuil sont élaborées. On parle de « VTR aiguës », qui s'expriment en masse de substance par mètre cube d'air inhalé ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Pour certaines substances, comme le formaldéhyde par exemple, des concentrations inférieures à la valeur repère de court terme (VTR_{aiguë} ou VGAI court terme), tout au long de la journée, permettent également de garantir l'absence de risque chronique à seuil.

5.1.2. Choix de valeurs de toxicité

Pour chaque substance considérée dans la présente étude, un recensement et un choix de VTR ont été effectués, sur la base de la méthode élaborée par la Direction générale de la santé (DGS) et par la Direction générale de la prévention des risques (DGPR), décrite dans la Note d'information) DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 [59].

En France, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) a pour mission d'élaborer des VTR. Les VTR construites à ce jour sont présentées sur le site Internet de l'Anses [60] et sur le Portail substances chimiques de l'Ineris (<https://substances.ineris.fr/fr/>) : ces VTR ont été retenues en priorité.

Pour le cas particulier des expositions par inhalation dans les environnements intérieurs, l'Anses propose également des valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAI) pour 11 substances d'intérêt [61]. Les VGAI sont élaborées par un groupe d'experts pluridisciplinaire, en utilisant des principes méthodologiques proches de ceux utilisés pour l'élaboration des VTR [62] ; en particulier, les VGAI sont fondées sur des critères sanitaires, uniquement, et ont pour objectif de « *préserver la population générale de tout effet néfaste lié à l'exposition aérienne* » aux substances considérées. Les VGAI ont donc également été retenues en priorité, dans le cadre de la présente évaluation.

Lorsque l'Anses n'avait élaboré ni VTR ni VGAI pour certaines des substances étudiées, six bases de données ont été consultées. Ces bases sont exploitées par les organismes suivants :

- Agence Américaine de Protection de l'Environnement - USEPA ;
- Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies - ATSDR ;
- Organisation Mondiale de la Santé - OMS ;
- Ministère Fédéral Canadien pour la Santé - Santé Canada ;
- Institut National de Santé Publique des Pays-Bas - RIVM ;
- Bureau Américain pour l'Évaluation des Dangers en Santé Environnementale – OEHHHA.

À l'issue de la consultation de ces bases, plusieurs VTR ont pu être recensées pour une même substance, pour les mêmes voie et durée d'exposition, ainsi que pour le même type d'effet. Dans ce cas, un choix a été fait selon la démarche suivante :

1. Si une expertise nationale a été réalisée, postérieurement à la date de parution de la VTR la plus récente, et recommande un choix de VTR, celui-ci a alors été retenu pour l'étude.

L'Anses et l'Ineris sont les organismes qui produisent la majorité des expertises de ce type.

Les recommandations de l'Anses sont formalisées par un tableau récapitulatif, disponible en ligne [63]. En complément, ces choix sont indiqués sur le Portail Substances Chimiques de l'Ineris [64].

Les recommandations de l'Ineris, réalisées selon une méthode décrite dans un rapport dédié [65], sont détaillées dans les Fiches de données toxicologiques et environnementales (FDTE) et les fiches « choix de VTR », également disponibles sur le Portail Substances Chimiques. Un bilan des choix de VTR réalisés par l'Ineris est formalisé par un rapport régulièrement mis à jour ; à la date de rédaction du présent rapport, la dernière version a été publiée en janvier 2020 [66].

2. Aucune recommandation de l'Anses ou de l'Ineris n'était disponible pour la substance étudiée. Dans ce cas :

- La VTR retenue a été la VTR la plus récente parmi celles des bases de l'USEPA, de l'ATSDR et de l'OMS ;
- Si aucune VTR n'avait été trouvée à ce stade, alors la VTR retenue a été la VTR la plus récente parmi celles des bases de Santé Canada, du RIVM et de l'OEHHA.

Concernant les substances pour lesquelles aucune VTR chronique n'était disponible parmi les bases précitées, d'autres valeurs de référence ont été collectées : les concentrations limites d'intérêt (CLI).

Les CLI sont construites dans le cadre de caractérisations des émissions de certains produits de consommation courante : produits de construction et de revêtement, meubles, etc.

Pour la présente étude, les CLI retenues sont celles qui ont été construites (i) lors de travaux récents de l'Anses [67] et (ii) par le Groupe de travail sur les CLI européennes (*EU-LCI Working Group*) de la Commission Européenne [68, 69], auquel l'Anses participe.

Les CLI n'ont pas le statut de VTR [59]. Néanmoins, leur méthode de construction est proche de celle des VTR à seuil [70, 71] : elles constituent donc des références d'intérêt, qui peuvent être mises en regard des expositions calculées, à titre d'information complémentaire.

Concernant les substances pour lesquelles aucune VTR chronique ni aucune CLI n'était disponible parmi les sources précitées, d'autres valeurs de référence ont été collectées : les valeurs guide d'air intérieur allemande, construites par le *Ausschuss für Innenraumrichtwerte* (AIR - soit en français, Comité pour des valeurs guides d'intérieur) [72, 73]. Deux types de valeurs sont disponibles :

- Les valeurs guides de type 2, qui sont basées sur « un seuil d'effet et qui prennent en compte des facteurs d'incertitudes. [Ce type de valeur] représente la concentration de la substance pour laquelle, en cas d'atteinte ou de dépassement, une action immédiate est requise, dans le sens où cette concentration pourrait présenter un danger sanitaire, spécialement pour les populations sensibles qui résident dans ces espaces pour de longues périodes de temps ».
- Les valeurs guides de type 1, qui « représentent la concentration d'une substance dans l'air intérieur pour laquelle, si considérée individuellement, il n'y a pas de preuve actuellement que même une exposition sur la vie entière soit attendue comme associée à des impacts sanitaires néfastes. Pour des enjeux de précaution, il existe aussi un besoin d'action quand la concentration se trouve entre la valeur guide de type 1 et la valeur guide de type 2. [...] La valeur guide de type 1 peut jouer le rôle de valeur cible [...] Elle est calculée à partir de la valeur guide de type 2 par l'introduction d'un facteur additionnel par convention ».

Pour la présente étude, dans l'objectif de s'assurer de la protection des populations, les valeurs guides de type 1 ont été préférentiellement retenues.

En complément de ces différents types de valeurs caractérisant la toxicité chronique des substances, des VTR et des VGAI ont également été recensées pour les expositions de courte durée. Ces « VTR aiguës » et ces « VGAI court terme » permettent, notamment, de caractériser les risques liés à une utilisation ponctuelle de désodorisant.

Concernant les VTR aiguës, afin d'être cohérent avec la durée des tests réalisés et des usages observés :

- Les VTR de l'OEHHA « *Acute Reference Exposure Levels* » ont été retenues en priorité, car elles correspondent à une durée d'exposition d'une heure ;
- Les VTR de l'ATSDR « *Acute Minimal Risk Levels* » ont été retenues dans les cas où l'OEHHA ne proposait pas de VTR, car elles correspondent à une durée d'exposition comprise entre 1 et 14 jours.

Si à l'issue du processus décrit ci-dessus, aucune valeur n'a pu être retenue pour caractériser la toxicité d'une substance, alors l'évaluation des risques sanitaires n'a pas été menée jusqu'à son terme. Pour ce type de substance, seules les expositions ont pu être évaluées.

L'ensemble des valeurs retenues pour caractériser la toxicité des substances considérées est détaillée en Annexe 3.

Concernant les particules, terme désignant ici « un mélange de composés solides et/ou liquides en suspension dans l'air » [74], en première approche, selon les recommandations de l'Anses, les valeurs guides de l'OMS en air ambiant ont été retenues pour les PM₁₀ et les PM_{2,5}.

L'Annexe 4 fournit des profils toxicologiques pour plusieurs substances d'intérêt, attendues dans les émissions de désodorisants non combustibles et connues pour leur toxicité, et donc notamment ciblées dans le cadre de la présente étude.

NB : concernant le formaldéhyde, depuis 2018, le respect de la VGAI court terme de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en continu, telle qu'élaborée par l'Anses en cohérence avec la valeur repère de court terme proposée par l'OMS en 2010 [75], permet d'assurer l'absence de risque sanitaire, à la fois chronique et aigu. Un rapport précédent (ADEME ; CTSB-LCE-Ineris) sur les encens et les bougies parfumées[12], daté de 2015, a utilisé l'ancienne VGAI long terme, datée de 2009, égale à $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en parallèle, ce rapport comprenait également une discussion des incertitudes associées à cette VGAI de 2009, au regard de la valeur de l'OMS datée de 2010 [41].

Tableau 23 : Valeurs caractérisant la toxicité de plusieurs substances d'intérêt

N° CAS	Composés	Date expertise nationale	VTR _{AS-inh} – VGAI _{LT} – CLI (µg/m³)	Org.	Date ³	Date expertise nationale	VTR _{SS-inh} (µg/m³) ¹	Org.	Date ³	Date expertise nationale	VTR _{a-inh} – VGAI _{CT} (µg/m³)	Org.	Date ³
50-00-0	Formaldéhyde	Effets chroniques couverts par le respect de la VGAI court terme, de manière répétée et continue pour toute la journée								-	1,0.10 ² (VGAI)	ANSES	2018
75-07-0	Acétaldéhyde	2017	1,6.10 ² (VGAI)	ANSES	2014	Effets cancérigènes couverts par la valeur retenue pour les effets à seuil (VGAI)				2017	3,0.10 ³ (VGAI)	ANSES	2014
5989-27-5 138-86-3	Limonène	-	5,0.10 ³ (CLI)	EU-LCI WG	2014	-	-	-	-	-	-	-	-
67-64-1	Acétone	-	3,3.10 ⁴ (VTR)	ATSDR	1994	-	-	-	-	-	6,6.10 ⁴ (VTR)	ATSDR	1994
80-56-8 (4)	β-Pinène	-	2,5.10 ³ (CLI)	EU-LCI WG	2013	-	-	-	-	-	-	-	-
107-02-8	Acroléine	-	1,5.10 ⁻¹ (VTR)	ANSES	2019	-	-	-	-	2015	6,9 (VGAI)	ANSES	2013
100-52-7	Benzaldéhyde	-	2,0.10 ¹ (VGAI)	AIR	2010	-	-	-	-	-	-	-	-
71-43-2	Benzène	2012	1,0.10 ¹ (VTR)	ANSES	2010	2015	2,6.10 ⁻⁵ (VTR)	ANSES	2013	-	2,7.10 ¹ (VTR)	OEHHA	2014

Où :

- VTR_{AS-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence à seuil, pour la voie inhalation et pour des expositions chroniques ;
- VTR_{SS-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence sans seuil, pour la voie inhalation et pour des expositions chroniques ;
- VTR_{a-inh} signifie Valeur Toxicologique de Référence aiguë, pour la voie inhalation ;
- VGAI_{LT} et VGAI_{CT} signifient Valeurs Guides de qualité d’Air Intérieur, respectivement pour des expositions de Long Terme et de Court Terme ;
- CLI signifie Concentration Limite d'Intérêt ;
- Org. Signifie Organisme producteur.

³ Date de construction ou de dernière révision.

⁴ CAS - Isomères : 7785-70-8 (1R-) , 7785-26-4 (1S-) , 2437-95-8 ((±)-) , 18172-67-3 ()

5.2. Evaluation des expositions

La présente sous-section porte sur une évaluation quantitative des expositions, chroniques et de courtes durées (« aigües »), associées à l'utilisation domestique des désodorisants non combustibles sélectionnés pour l'étude. En particulier :

- Les expositions au poste de travail se trouvent hors du champ de l'étude ;
- D'autres désodorisants non combustibles pourraient générer des émissions différentes, et donc des expositions différentes.

5.2.1. **Sondage national sur les usages : présentation et utilisation des résultats obtenus**

5.2.1.1. **Présentation générale du sondage ifop**

L'évaluation quantitative des expositions se base notamment sur un sondage national, réalisé par la société Ifop, qui décrit les usages de désodorisants non combustibles en France.

Ce sondage a été réalisé en 2017, à la demande du ministère en charge de l'environnement, dans l'objectif d'appuyer une évaluation de risque réalisée par l'Ineris dans le cadre de ses programmes d'appui au pouvoirs publics [76], sur la base de premières mesures en laboratoire réalisées par le CSTB. En particulier, les questions du sondage ont été co-élaborées par l'Ifop et par l'Ineris en 2017.

Les désodorisants non combustibles présentent des formats variés ; dans le cadre du sondage, ils ont été regroupés en trois catégories génériques : (i) sprays aérosols, sous pression ou non ; (ii) diffuseurs passifs, qui n'utilisent pas de source d'énergie ; (iii) diffuseurs actifs, qui utilisent au moins une source d'énergie : chaleur produite par combustion ou avec de l'électricité (prise de courant, pile, port USB...).

Le sondage s'est déroulé du 6 au 14 septembre 2017. Il a consisté en des interviews réalisées par questionnaire auto-administré, en ligne.

Ces interviews ont été menées auprès d'un échantillon initial d'environ 1 000 personnes, représentatif de la population française âgée de 18 ans et plus. Cette représentativité est assurée par la méthode des quotas (sexe, âge, profession du chef de famille), après stratification par région et par catégorie d'agglomération.

Un sur-échantillon a permis d'obtenir plus de 700 personnes utilisatrices, pour chaque type de désodorisant non-combustible.

Les caractéristiques et les résultats du sondage sont détaillés en Annexe 5. Ces résultats ont permis d'élaborer les scénarios d'exposition de l'ERS.

5.2.1.2. **Résultats obtenus – Élaboration de scénarios d'exposition génériques**

D'après le sondage Ifop, l'utilisation de désodorisants non combustibles est assez répandue en France : près des deux tiers des Français utilisent des sprays aérosols dans leur habitation, près de la moitié utilisent des diffuseurs passifs et plus d'un tiers utilisent des diffuseurs actifs. Ces usages sont bien ancrés dans les pratiques, souvent depuis plus de 10 ans.

Sur la base des résultats détaillés du sondage Ifop, pour chaque type de désodorisants considéré, plusieurs scénarios génériques d'exposition ont été définis :

- Le scénario n°1, qui vise à caractériser l'exposition d'un utilisateur dont les pratiques et les caractéristiques environnementales (volume de la pièce d'utilisation, taux de renouvellement d'air...) sont courantes, se trouvant dans la moyenne des pratiques et des caractéristiques observées ;
- Le scénario n°2, qui vise à caractériser l'exposition d'un utilisateur dont les pratiques et les caractéristiques environnementales majorent raisonnablement l'exposition moyenne.

À titre indicatif, un scénario n°3 a également été défini : il vise à caractériser une utilisation qui peut être considérée comme « extrême », correspondant à un utilisateur dont les pratiques et les caractéristiques environnementales majorent fortement l'exposition moyenne.

Ce profil d'exposition permet de mettre en avant des substances d'intérêt de second ordre, en complément de celles potentiellement identifiées par les scénarios 1 et 2. Il permet également de caractériser les expositions liées à un type d'usage :

- Dont l'existence ne peut être exclue, chaque valeur de paramètre correspondant à des pratiques identifiées par le sondage Ifop ;
- Dont l'ampleur parmi la population générale est difficilement quantifiable ;
- Que certains utilisateurs pourraient privilégier, croyant ainsi améliorer la qualité de l'air intérieur. En effet, d'après le sondage Ifop :
 - 65 % des utilisateurs de désodorisants non combustibles, tous types confondus, déclarent que cette pratique soit améliorée, soit n'a pas d'effet significatif sur la qualité de l'air intérieur,
 - 40 % des utilisateurs de sprays aérosols ont pour objectif d'assainir l'air intérieur, de même que 40 % des utilisateurs de diffuseurs passifs et 50 % des utilisateurs de diffuseurs actifs.

La perception des utilisateurs peut être influencée par les affirmations mentionnées dans des publicités ou sur l'emballage des produits. Par exemple, pour certains des désodorisants non combustibles sélectionnés pour la présente étude : « élimine toutes les odeurs » ; « neutralise les odeurs » ; « assainit l'air de votre foyer » ; « synergie purifiante » ; « pour assainir naturellement l'air », « pour assainir et purifier l'air intérieur » ; « efficacité prouvée : bactéricide et acaricide » ; « élimine 99,9 % des bactéries, champignons, virus » ; « pour soulager les infections respiratoires bénignes » ; « un air plus sain pour bébé ».

Chaque scénario est défini par les paramètres suivants :

- Fréquence de l'utilisation - unité : j^{-1} (pour les utilisations ponctuelles) ;
- Pièce(s) où le désodorisant est utilisé – volume(s) et Taux de Renouvellement d'Air (TRA) associé(s) - unité : respectivement m^3 et h^{-1} ;
- Présence journalière dans chaque pièce - unité : h/j ;
- Durée d'utilisation - unité variable selon le type de désodorisant et le type d'utilisation :
 - Sprays : nombre de pressions⁵ et durée d'une pression – unité : respectivement « sans unité » et s,
 - Diffuseurs utilisés en continu - unité : mois/an,
 - Diffuseurs utilisés ponctuellement - unité : min par utilisation ;
- Nombre d'années d'exposition au cours d'une vie - unité : ans ;
- Aération par une ouverture sur l'extérieur - oui/non (sans unité).

Pour chaque scénario et chaque paramètre, un choix a été réalisé en se basant, en priorité, sur les résultats du sondage Ifop.

Pour le scénario n°2 et le scénario n°3, la valeur de chaque paramètre a été choisie parmi les valeurs hautes des données disponibles, avec comme point de repère, respectivement, le percentile 90 et le percentile 95. Cette approche est cohérente avec les pratiques classiques de l'évaluation des expositions en France [50, 77, 78].

Les choix effectués pour l'ERS du projet européen EPHECT [79, 80] ont également été pris en compte.

Ces choix, expliqués individuellement en Annexe 6, sont synthétisés dans le Tableau 24. Ils permettent d'obtenir des scénarios très distincts et donc bien discriminants.

⁵ Le terme « pressions » est utilisé ici dans le sens de « pulvérisations », dans une logique d'homogénéité avec les termes issus des réponses au sondage Ifop (Annexe 5).

Tableau 24 : Scénarios d'expositions génériques, pour chaque type de désodorisants non-combustibles

Paramètres d'exposition		Utilisateurs de sprays aérosols			Utilisateurs de diffuseurs passifs			Utilisateurs de diffuseurs actifs			
		Sc3	Sc2	Sc1	Sc3	Sc2	Sc1	Sc3	Sc2	Sc1	
Fréquence d'utilisation (/jour)	Toilettes (WC)	8	6	1,5	Continu	Continu	Continu	Continu	Continu	-	
	Salon et/ou salle à manger	4	2,5	0,1 ⁽⁶⁾						-	0,43
	Cuisine	4	2,5	0,1						-	-
	Hall d'entrée	3	1,5	0,03 ⁽⁷⁾						-	-
	Salle de bain	3	1,5	0,03						-	-
	Chambre(s)	2,5	1	0,01 ⁽⁸⁾						-	-
	Pièce(s) annexe(s)	1,5	0,43 ⁽⁹⁾	0,01						-	-
Durée d'utilisation	Nombre de pressions			Nombre de mois par an (utilisation continue)			Nombre de mois par an (utilisation continue)		Durée d'une utilisation (min)		
	6	4	2								
	Durée d'une pression			12	11	10	12	11	40		
Présence dans la pièce pendant et après l'utilisation		oui	oui	Départ après utilisation, puis retour possible au bout de 30'	oui	oui	oui	oui	oui	oui	
Durée d'exposition (années)		70	70	70	70	70	70	70	70	70	
Aération manuelle (ouverture sur l'extérieur)		Pas d'aération	Pas d'aération	3 f / 4 : 10' sur l'extérieur, 20' après utilisation 1 f / 4 : pas d'aération	Pas d'aération	Pas d'aération	Pendant 10' tous les jours	Pas d'aération	Pas d'aération	Pendant 10', 30' après utilisation	
Taux de Renouvellement d'Air (h ⁻¹)		0,1	0,35	0,35	0,1	0,35	0,35	0,1	0,35	0,35	

En complément, en application du principe de spécificité, les usages spécifiques à certains désodorisants non combustibles ont conduit à des adaptations ponctuelles de ces scénarios génériques :

- le fabricant du diffuseur actif PR10 présente une description centrée sur une utilisation ponctuelle de 30 minutes avant le coucher d’un enfant ; une utilisation de 30 min par jour dans une chambre a donc été retenue pour ce désodorisant non combustible ;
- le fabricant du diffuseur actif PR9 présente une description centrée sur une utilisation associée à un ordinateur (port USB) ; les pièces WC, Salle de Bain et débarras ont donc été exclues de l’utilisation retenue pour ce désodorisant non combustible.

⁶ Soit environ trois fois par mois.

⁷ Soit environ une fois par mois.

⁸ Soit environ une fois tous les trois mois.

⁹ Soit environ trois fois par semaine.

5.2.1.3. Résultats obtenus – Informations qualitatives complémentaires

En complément des réponses ayant permis de définir des scénarios d'exposition génériques, visant à quantifier des expositions dans la suite de l'étude, d'autres réponses issues du sondage fournissent des informations plus qualitatives. Ces informations peuvent apporter un éclairage utile, notamment pour (i) interpréter les résultats de l'ERS et (ii) définir de potentielles mesures de gestion des risques, à la suite de l'ERS.

Les principales informations complémentaires fournies par le sondage Ifop sont les suivantes :

- Produire des odeurs agréables et masquer certaines odeurs (ex : tabac, cuisine...) sont les premières raisons de l'utilisation de désodorisants non combustibles. Par ailleurs, 40 % des utilisateurs de sprays aérosols ont pour objectif d'assainir l'air intérieur, de même que 40 % des utilisateurs de diffuseurs passifs et 50 % des utilisateurs de diffuseurs actifs.
- Parmi les utilisateurs de sprays aérosols, 13 % précisent que des enfants peuvent être présents dans la pièce après la fin de l'utilisation. Parmi les utilisateurs de diffuseurs passifs et de diffuseurs actifs, 37 % précisent que des enfants peuvent être présents dans la pièce pendant l'utilisation ;
- Comme mentionné ci-dessus, pour 75 % des Français, l'utilisation de désodorisants non combustibles, tous types confondus, soit améliore soit n'a pas d'effet significatif sur la qualité de l'air intérieur ;
- Plus de la moitié des Français s'estiment insuffisamment informés sur les risques liés aux désodorisants non combustibles. S'ils cherchent des informations sur de bonnes pratiques d'utilisation, le plus souvent, les Français consultent l'emballage des produits et les principaux moteurs de recherche sur Internet ;
- Les deux tiers d'entre eux jugent « *indispensable* » que les désodorisants présentent « *sur leur étiquette une mention indiquant leur degré d'émission de substances chimiques dangereuses (ex : classes A+, A, B, C)* » ;
- En plus des désodorisants non combustibles, d'autres produits pouvant émettre des substances préoccupantes sont fréquemment utilisés. Par exemple :
 - 62 % des Français utilisent des diffuseurs d'insecticides : anti-moustiques, anti-mouches...
 - 60 % utilisent des désodorisants combustibles : encens, bougies, lampes à catalyse, papier d'Arménie...

5.2.2. Expositions chroniques

D'après les résultats du sondage Ifop, les désodorisants non combustibles peuvent être utilisés dans plusieurs pièces d'une maison. En cohérence avec le détail de ces résultats (Annexe 5 et Annexe 6), sept pièces ont été retenues pour la présente étude : cuisine, chambre, salle de bain, salon / salle à manger, toilettes (WC), hall d'entrée et débarras.

Les caractéristiques de ces pièces (Tableau 25) sont cohérentes avec celles retenues pour l'ERS du projet européen EPHECT (projet européen de référence portant sur les expositions et les risques associés aux produits de consommation les plus courants) [79], de préférence, et avec celles retenues par défaut dans le modèle Consexpo du RIVM (modèle de référence en Europe, notamment dans le cadre réglementaire) [81].

Tableau 25 : Volume et temps passé pour chaque pièce considérée, retenus pour l'ERS

Pièces	Volumes (m³)	Temps passés (h/j)
Cuisine	30	2,75
Chambre	45	8,5
Salle de bain	24	1
Salon / salle à manger	90	5,75
WC	5	0,5
Hall d'entrée	12	0,5
Débarras	10	0,5

Ce « Budget Espace-Temps » correspond approximativement à celui des groupes de personnes *Housewives* (Femmes au foyer) et *Retired People* (Retraités) définis dans le cadre du projet EPHECT [79].

Comme indiqué à la sous-section 5.2.1.2, les taux de renouvellement d'air (TRA) considérés sont 0,35 h⁻¹ et 0,1 h⁻¹, en fonction du scénario d'exposition étudié.

Pour chaque pièce, chaque scénario et chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, une concentration moyenne journalière (CMJ) a été calculée (i) en corrigeant les concentrations mesurées dans la maison MARIA selon le TRA du scénario considéré et (ii) en extrapolant à une journée ces concentrations disponibles pour les premières demi-heures suivant l'utilisation, selon les hypothèses et les équations présentées en Annexe 7.

L'exposition par inhalation s'exprime par une concentration moyenne inhalée (CMI) [54]. Pour chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, à partir des CMJ obtenues, une CMI a été calculée pour chaque scénario et chaque pièce. Afin de tenir compte des spécificités des scénarios n° 1, 2 et 3, les CMJ peuvent être multipliées par :

- Le taux de présence journalière dans la pièce (en h / 24h) ;
- Le taux d'utilisation dans l'année, pour les utilisations continues, ou la fréquence moyenne, pour les utilisations ponctuelles ;
- Dans le cas particulier des sprays assainissants :
 - Le rapport entre le nombre de pressions retenu pour le test et celui retenu pour le scénario considéré,
 - Le rapport entre la durée d'une pression retenue pour le test et celle retenue pour le scénario considéré.

Les CMI calculées pour chaque pièce sont ensuite sommées, afin d'obtenir une CMI caractérisant une présence dans l'ensemble des pièces de la maison considérée (CMI_{Ma}).

L'ensemble des CMJ et des CMI calculées est détaillé en Annexe 8 pour le scénario 1 de chaque désodorisant non combustible, en Annexe 9 pour les scénarios 2 et en Annexe 10 pour les scénarios 3. Pour chaque groupe de désodorisant non combustible, le Tableau 26 présente les CMI_{Ma} de plusieurs substances d'intérêt, obtenues dans le cadre des scénarios n°2. Les valeurs caractérisant la toxicité des substances sont présentées dans le Tableau 23.

Tableau 26 : Concentrations moyennes inhalées dans la maison considérée (CMI_{Ma}, en µg/m³) pour plusieurs substances d'intérêt – scénarios n°2

Substances	Utilisateurs de diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels (4 références)				Utilisateurs de diffuseurs passifs (6 références)				Utilisateurs de diffuseurs actifs hors sprays et aérosols manuels (5 références)			
	Min.	Max.	Med.	Moy.	Min.	Max.	Med.	Moy.	Min.	Max.	Med.	Moy.
Formaldéhyde	3,1.10 ⁻¹	5,2.10 ¹	3,7.10 ¹	3,0.10 ¹	8,6.10 ⁻³	5,7.10 ¹	2,2	1,3.10 ¹	0,0	4,5.10 ¹	1,6	8,4
Acétaldéhyde	8,2.10 ⁻¹	8,4.10 ¹	1,2.10 ¹	3,0.10 ¹	0,0	6,3.10 ¹	4,4.10 ⁻¹	8,7	0,0	4,6.10 ¹	4,7.10 ⁻¹	7,6
Limonène	3,1	2,2.10 ³	4,3.10 ²	5,9.10 ²	0,0	9,7.10 ¹	1,1	1,7.10 ¹	0,0	8,0.10 ³	5,6.10 ¹	1,0.10 ³
Acétone	5,6	1,2.10 ²	5,5.10 ¹	5,1.10 ¹	0,0	8,9	6,2.10 ⁻³	2,1	0,0	4,0.10 ¹	5,3	5,1
Acroléine	1,7.10 ⁻¹	8,1	1,1	2,4	0,0	2,2.10 ⁻¹	0,0	4,7.10 ⁻²	0,0	6,8.10 ⁻¹	1,3.10 ⁻²	1,2.10 ⁻¹
Particules PM _{2.5}	0,0	1,1.10 ²	1,9.10 ¹	3,1.10 ¹	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,6.10 ¹	8,8.10 ⁻¹	4,3
Benzène	0,0	2,8	9,0.10 ⁻¹	1,2	0,0	9,7.10 ⁻¹	0,0	1,4.10 ⁻¹	0,0	4,0	6,6.10 ⁻²	6,1.10 ⁻¹

Où :

- Min. désigne la valeur minimale ;
- Max. désigne la valeur maximale ;
- Med. désigne la valeur médiane ;
- Moy. désigne la valeur moyenne.

5.2.3. Expositions de courte durée

En cohérence avec les types d'usages associés aux désodorisants non combustibles et avec les durées caractérisant les VTR disponibles (cf. sous-section 5.1.2), une période de référence d'une heure est retenue pour les expositions de courte durée.

Ces expositions ont été caractérisées par deux types de concentrations, pour chaque pièce de maison considérée :

- pour les diffuseurs actifs type sprays et aérosols, la concentration après utilisation (CAU) maximale, égale à :
 - la concentration horaire maximale mesurée, lorsqu'elle est disponible ; et à défaut,
 - la concentration maximale mesurée. Cette dernière concentration correspond donc à une période de temps plus courte, typiquement 15 ou 30 minutes, et majore donc la concentration horaire maximale (« proxy » dans une première approche protectrice).
- pour les diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols) et passifs, la concentration atteinte à l'équilibre (Annexe 11).

L'utilisation retenue pour les diffuseurs actifs type sprays et aérosols consiste en deux pressions d'une seconde. L'utilisation retenue pour les diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols) et passifs est une utilisation continue.

Le taux de renouvellement d'air retenu est $0,35 \text{ h}^{-1}$ [79].

L'ensemble des concentrations calculées est détaillé en Annexe 11. Pour chaque groupe de désodorisants, le Tableau 27 présente les expositions aiguës obtenues pour quelques substances d'intérêt, au regard de leurs potentiels effets aigus.

Tableau 27 : Expositions aiguës dans les pièces de la maison considérée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour plusieurs substances d'intérêt

Substances	Utilisateurs de diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels (4 références)				Utilisateurs de diffuseurs passifs (6 références)				Utilisateurs de diffuseurs actifs hors sprays et aérosols manuels (5 références)			
	Min.	Max.	Med.	Moy.	Min.	Max.	Med.	Moy.	Min.	Max.	Med.	Moy.
Formaldéhyde	$9,2 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$5,6 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^2$	$1,5 \cdot 10^1$	$8,4 \cdot 10^1$	0,0	$2,9 \cdot 10^2$	5,8	$4,9 \cdot 10^1$
Acétaldéhyde	2,9	$3,6 \cdot 10^2$	$6,3 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^2$	0,0	$4,1 \cdot 10^2$	2,8	$5,7 \cdot 10^1$	0,0	$3,0 \cdot 10^2$	2,4	$5,0 \cdot 10^1$
Acroléine	$5,3 \cdot 10^{-1}$	$2,3 \cdot 10^1$	2,8	6,7	0,0	1,5	0,0	$3,0 \cdot 10^{-1}$	0,0	3,5	$2,7 \cdot 10^{-1}$	$9,1 \cdot 10^{-1}$
Particules $\text{PM}_{2,5}$	0,0	$1,8 \cdot 10^2$	$7,6 \cdot 10^1$	$7,6 \cdot 10^1$	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	$1,9 \cdot 10^2$	5,7	$3,9 \cdot 10^1$
Benzène	0,0	7,2	2,3	3,0	0,0	6,3	0,0	$9,3 \cdot 10^{-1}$	0,0	$2,1 \cdot 10^1$	$9,7 \cdot 10^{-1}$	4,2

Où :

- Min. désigne la valeur minimale ;
- Max. désigne la valeur maximale ;
- Med. désigne la valeur médiane ;
- Moy. désigne la valeur moyenne.

5.3. Caractérisation des risques sanitaires

5.3.1. Méthode de quantification

Concernant les effets chroniques à seuil, pour chaque scénario et chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, le risque a été quantifié par un Quotient de Danger (QD) défini de la manière suivante :

$$QD = \frac{CMI}{VTR_{AS-inh}}$$

Où : CMI est la concentration moyenne inhalée ; et VTR_{AS-inh} est la valeur toxicologique de référence à seuil, pour la voie inhalation.

Concernant les effets chroniques sans seuil, pour chaque scénario et chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, le risque est exprimé par un Excès de Risque Individuel (ERI) défini de la manière suivante :

$$ERI = CMI \times VTR_{SS-inh} \times \frac{\text{Nombre d'années d'exposition}}{\text{Durée de vie}}$$

Où : CMI est la concentration moyenne inhalée ; VTR_{SS-inh} signifie valeur toxicologique de référence sans seuil, pour la voie inhalation ; la durée de vie est prise égale à 70 ans, par convention.

Classiquement, le risque est considéré comme non préoccupant lorsque les QD et les ERI sont inférieurs, respectivement, aux valeurs repères usuelles « 1 » et « 10^{-5} », utilisées par l'OMS et retenues pour les ERS en France [50].

Selon une logique similaire, les ratios $CMI/VGAI$ et CMI/CLI ont été comparés avec la valeur repère usuelle « 1 ».

Concernant les expositions de courte durée, les concentrations maximales après utilisation (CAU_{max}), pour les sprays aérosols, et les concentrations atteintes à l'équilibre (CEQ), pour les diffuseurs actifs et passifs, ont été comparées aux $VTR_{aigües}$ et aux $VGAI_{court\ terme}$ retenues.

Pour homogénéiser et faciliter la lecture des tableaux de résultats (Annexe 8, Annexe 9 et Annexe 10, des ratios *concentrations* / ($VTR_{aigüe}$ ou $VGAI_{court\ terme}$) ont été calculés et comparés à la valeur repère « 1 ».

5.3.2. Indicateurs de risque obtenus

5.3.2.1. Présentation

5.3.2.1.1. Expositions chroniques

Pour chaque scénario et pour chaque substance émise par chaque groupe de désodorisants non combustibles, un QD, un ERI et des ratios CMI/CLI - $CMI/VGAI$ ont été calculés. Le détail des résultats est présenté en Annexe 8 pour le scénario 1 de chaque type de désodorisant, en Annexe 9 pour les scénarios 2 et en Annexe 10 pour les scénarios 3.

Les principaux résultats sont les suivants :

Scénarios 1

Pour chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, considérée individuellement, aucune quantification de risque (QD, ERI, CMI/CLI - $CMI/VGAI$) ne dépasse les valeurs repères retenues.

Pour tenir compte des potentiels effets liés aux mélanges de substances, en première approche et à titre indicatif [50], la somme des QD et la somme des ERI ont été calculées pour chaque désodorisant non combustible : elles sont également inférieures aux valeurs repères usuelles.

Selon une logique similaire, et toujours à titre indicatif, une somme des ratios CMI/CLI et des QD a également été réalisée, pour chaque désodorisant non combustible. Les sommes obtenues sont toutes inférieures à « 1 ».

Scénarios 2

- **Acroléine**

- *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels* : Pour les effets à seuil, toutes les concentrations mesurées ont conduit à un dépassement de la valeur repère. Selon les références, ces dépassements peuvent être très faibles (QD = 1,1 pour PR14) ou très élevés (QD = 24 pour PR13).
- *Diffuseurs passifs* : Pour les effets à seuil, de faibles dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR5 et PR6-R, avec un QD maximal de 1,5 (PR5).

- *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels)*: Pour les effets à seuil, un dépassement de la valeur repère a été obtenu pour PR7-R, avec un QD de 3,6.
- **Particules**
 - *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels, concernant PR13, PR13-R, PR14 et PR14-R*:
 - Les expositions aux PM_{2.5} obtenues dépassent la valeur guide de l'OMS de 10 µg/m³, variant approximativement entre 30 et 60 µg/m³ ;
 - Les expositions aux PM₁₀ obtenues dépassent la valeur guide de l'OMS de 20 µg/m³, variant approximativement entre 60 et 170 µg/m³.
 - Ces concentrations d'exposition, basées sur des hypothèses simples, ne tiennent pas compte de la transformation au cours du temps de la granulométrie observée peu après l'utilisation. En l'occurrence, il est courant que le diamètre des particules diminue avec l'évaporation des solvants qu'elles contiennent.
 - *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels)*:
 - Concernant PR9-R2 et PR10-R3, les expositions aux PM_{2.5} obtenues dépassent 10 µg/m³, avec respectivement 24 et 13 µg/m³ ;
 - Concernant PR9-R2, l'exposition aux PM₁₀ obtenue dépasse 20 µg/m³, avec 66 µg/m³.
- **Benzène**
 - *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels*: Pour les effets sans seuil, des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR11, PR11-R, PR13, PR13-R, avec un ERI maximal de 7,2.10-5 (PR13-R).
 - *Diffuseurs passifs*: Pour les effets sans seuil, un dépassement de la valeur repère a été obtenu pour PR6-R, avec un ERI de 2,5.10-5.
 - *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels)*: Pour les effets sans seuil, des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR7, PR7-R et PR9-R2, avec un ERI maximal de 1,0.10-4 (PR7-R).
- **Limonène**
 - *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels)*: Pour les effets à seuil, des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR7, PR7-R et PR9-R2, avec un ratio CMI/CLI maximal de 1,6 (PR7).

Les dépassements de valeurs repères associés aux scénarios 3 sont détaillés en Annexe 10. Ces dépassements permettent de proposer des substances d'intérêt de second niveau :

- Pour les diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels : les propionaldéhyde, naphthalène et β -pinène ;
- Pour les diffuseurs passifs : l'acétaldéhyde ;
- Pour les diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels) : les acétaldéhyde, DPG et benzaldéhyde.

5.3.2.1.2. Expositions de courte durée

- **Acroléine**
 - *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels*. Des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR13 et PR13-R, avec un ratio maximal de 3,3 (PR13-R).
- **Formaldéhyde**
 - *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels*. Des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR11, PR11-R, PR12, PR12-R, avec un ratio maximal de 2,3 (PR11).
 - *Diffuseurs passifs*. Des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR1-R et PR6-R, avec un ratio maximal de 3,7 (PR1-R).
 - *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols)*. Des dépassements de la valeur repère ont été obtenus pour PR15, PR15-R, avec un ratio maximal de 2,9 (PR15).
- **Particules**
 - *Diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels. Concernant PR13, PR13-R, PR14 et PR14-R*:
 - Les expositions aux PM_{2.5} obtenues dépassent 25 µg/m³, variant approximativement entre 130 et 180 µg/m³ ;

- Les expositions aux PM₁₀ obtenues dépassent 50 µg/m³, variant approximativement entre 250 et 420 µg/m³.
- *Diffuseurs actifs (hors sprays et aérosols manuels).*
 - Concernant PR7, PR9-R2, PR10, PR10-R, PR10-R2 et PR10-R3, les expositions aux PM_{2.5} obtenues dépassent 25 µg/m³, variant approximativement entre 35 et 180 µg/m³ ;
 - Concernant PR7, PR9-R2, PR10-R, PR10-R2 et PR10-R3, les expositions aux PM₁₀ obtenues dépassent 50 µg/m³, variant approximativement entre 54 et 190 µg/m³.

Concernant les dépassements associés à des diffuseurs actifs type sprays et aérosols manuels ou au diffuseur actif PR10, tous les dépassements correspondent effectivement à une concentration horaire maximale mesurée (cf. sous-section 0).

À titre indicatif, des ratios ont été également calculés pour le limonène et l' α -pinène, sur la base des valeurs de toxicité aiguës élaborées dans le cadre du projet EPHECT [55]. Tous les ratios obtenus ont été inférieurs à 1.

5.3.2.2. Discussion des résultats obtenus

5.3.2.2.1. Expositions chroniques

Concernant les scénarios 1, pour chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, considérée individuellement, les indicateurs de risque obtenus sont inférieurs aux valeurs repères usuelles. C'est également le cas pour les sommes d'indicateurs de risque par désodorisant non combustible. Classiquement, en première approche, ce résultat suggère que **les expositions les plus courantes peuvent être considérées comme non préoccupantes**, au regard des substances considérées et des hypothèses de l'étude.

Néanmoins, ces quantifications de risque n'ont été réalisées que pour les substances dont la toxicité a pu être caractérisée par une valeur de référence. Or, sur les 247 substances pour lesquelles des concentrations dans l'air ont été mesurées dans la maison MARIA : (i) Seules 22 substances (soit 8,9 %) disposent d'une VTR ; (ii) Seules 46 substances (soit 18,6 %) ont pu être caractérisées par une valeur de référence (VTR, VGAI ANSES, VGAI allemandes, CLI).

Au regard de ces limites des connaissances disponibles, **dans une logique de prudence, des actions permettant de diminuer les expositions communes pourraient être considérées, en particulier auprès des personnes les plus sensibles : jeunes enfants, femmes enceintes, personnes asthmatiques, etc.**

Concernant les scénarios 2, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions chroniques les plus fortes**. Les substances concernées peuvent être considérées, pour les risques chroniques, comme les **substances d'intérêt prioritaires : acroléine, benzène, limonène et particules**.

- Pour l'acroléine :
 - L'effet critique associé à la VTR à seuil correspond à une « lésion de l'épithélium respiratoire supérieur » ;
 - L'exposition maximale obtenue (3,5 µg/m³ - PR13) peut être mise en regard :
 - Des concentrations mesurées dans les logements français [66], caractérisées par une médiane de 1,1 µg/m³ et un percentile 95 de 3,4 µg/m³,
 - De la valeur de toxicité construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : 10 µg/m³.
- Pour le benzène :
 - L'effet critique associé à la VTR sans seuil correspond à des « leucémies aiguës » ;
 - L'exposition maximale obtenue (4 µg/m³ - PR7-R) peut être mise en regard des concentrations mesurées dans les logements français [66], caractérisées par une médiane de 2,1 µg/m³ et un percentile 95 de 7,2 µg/m³.
- Pour le limonène :
 - L'effet critique associé à la CLI correspond à une « toxicité pour le foie » ;
 - L'exposition maximale obtenue (8 000 µg/m³ - PR7) peut être mise en regard de la valeur de toxicité construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : 9 000 µg/m³. Néanmoins, d'après

d'autres experts, spécialisés en allergologie, et sur la base de plusieurs études épidémiologiques, « *dès que les odeurs du limonène sont perceptibles, les concentrations mesurées sont entre 1 et 2 mg/m³ et correspondent au seuil d'irritation possible pour des sujets normaux.* » [99]. Ceci suggère qu'une valeur assurant l'absence de risque préoccupant, pour l'ensemble de la population générale, serait inférieure à 1 000 µg/m³.

- Pour les particules :
 - les dépassements obtenus des valeurs guides de l'OMS, recommandées par l'Anses à défaut de VGAI spécifique [67], suggèrent que les expositions liées à certains désodorisants non combustibles pourraient être préoccupantes, en particulier pour les sprays et aérosols ;
 - Néanmoins, la composition des particules émises par des désodorisants non combustibles pouvant être très différente de celle des particules de l'air ambiant considérées par l'OMS, les risques associés ne peuvent pas être précisément caractérisés. Des études complémentaires permettraient d'approfondir ces aspects.

5.3.2.2.2. Expositions de courte durée

Plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions aiguës les plus fortes**. Les substances concernées peuvent être considérées, pour les risques aigus, comme les **substances d'intérêt prioritaires : acroléine, formaldéhyde et particules**.

- Pour l'acroléine :
 - L'effet critique associé à la VTR correspond à une « irritation nasale et de la gorge » et à une « diminution de la fréquence respiratoire » ;
 - L'exposition maximale obtenue (23 µg/m³ - PR13-R) peut être mise en regard d'une valeur de toxicité aiguë construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : 21 µg/m³ ;
 - La VGAI court terme datée de 2013, présente dans la liste récapitulative des VGAI datée de juillet 2020 et en vigueur à la date de rédaction de ce rapport (octobre 2020), porte sur 1 heure d'exposition. Cette VGAI se base la VTR de 6,9 µg/m³ élaborée par l'ATSDR en 2007, qui est construite à partir d'une étude portant sur des volontaires sains exposés pendant 1 heure. Ce choix de VTR a été confirmé par une expertise de l'Ineris datée de 2015 [99]. Néanmoins, cette VGAI court terme pourrait être mise à jour à jour par l'Anses, car dans un rapport daté de 2019 [100], l'Anses propose une période d'exposition de 24 heures. Dans ce même rapport, la VTR sur 1 heure proposée par l'OEHA (2,5 µg/m³) n'est pas retenue car l'étude source est jugée insuffisamment fiable.
- Pour le formaldéhyde, l'effet critique associé à la VGAI correspond à une « Irritation oculaire ». Néanmoins, d'après l'Anses, « cet effet constitue le premier événement clé précurseur d'effets irréversibles et plus sévères tels que les effets cancérogènes du formaldéhyde au niveau du nasopharynx » [101] ;
- Pour les particules, de même que pour les effets chroniques :
 - Les dépassements obtenus des valeurs guides de l'OMS, recommandées par l'Anses à défaut de VGAI spécifique [67], suggèrent que les expositions aiguës liées à certains désodorisants non combustibles pourraient être préoccupantes, en particulier pour les sprays ;
 - Néanmoins, la composition des particules émises par des désodorisants non combustibles pouvant être très différente de celle des particules de l'air ambiant considérées par l'OMS, les risques associés ne peuvent être précisément caractérisés. Des études complémentaires permettraient d'approfondir ces aspects.

De façon encore plus marquée que pour les risques chroniques, ces résultats doivent être mis en regard du peu de données disponibles pour caractériser la toxicité aiguë des substances étudiées : parmi les 247 substances pour lesquelles des concentrations dans l'air ont été mesurées dans la maison MARIA, seules 15 substances disposent d'une VTR_{aiguë} (6,1 %).

5.3.2.2.3. Cumul d'expositions

En tenant compte des expositions chroniques et des expositions aiguës, les substances d'intérêt identifiées sont l'acroléine, le benzène, le limonène, le formaldéhyde et les particules.

Ces substances ne sont pas spécifiques aux émissions de désodorisants non combustibles. D'autres sources se trouvent classiquement dans les environnements intérieurs : produits ménagers, meubles, encens, bougies... Les émissions de ces différentes sources peuvent se cumuler. Ce cumul peut conduire à des risques plus élevés que ceux identifiés pour chaque source, considérée individuellement.

Dans le cas des fragrances, cet enjeu de potentielles expositions cumulées inclut également les produits cosmétiques parfumés [102].

5.3.2.2.4. *Polluants secondaires*

Les substances émises peuvent former des composés secondaires, notamment après avoir réagi avec certaines substances présentes dans l'air intérieur (Ozone - O₃, radicaux hydroxyles - OH·, radicaux nitrates - NO₃·, etc.) [28, 40, 103, 104, 105, 106]. Par exemple, des travaux précédents du CSTB et de l'Ineris [4, 107] ont montré que le limonène émis par des produits ménagers peut réagir avec l'ozone, et ainsi former du formaldéhyde dit « secondaire ». Plus généralement, de nombreuses études portent sur la production de formaldéhyde, de peroxyde d'hydrogène, de particules ultrafines et d'aérosols organiques secondaires (AOS) par la réaction de l'ozone avec des terpènes [102].

Les concentrations mesurées en conditions réalistes, comme celles sur lesquelles se base cette ERS, présentent l'avantage d'intégrer les composés secondaires formés pendant la période de mesure.

5.3.2.2.5. *Comparaison entre les différents types de désodorisants*

Une analyse comparative entre types de désodorisants non combustibles étudiés présente de nombreux intérêts. Néanmoins, compte tenu de l'échantillon réduit de 15 désodorisants non combustibles du projet PRESSENS, ce type d'analyse est proposée ici à titre indicatif uniquement.

Selon la substance considérée, ce n'est pas toujours le même type de désodorisant non combustible qui conduit au plus grand nombre de dépassements de valeurs repères, ni aux dépassements de plus grande ampleur. Néanmoins, dans une première approche simple, sur la base du nombre total de dépassements et de leur ampleur, les résultats obtenus suggèrent que :

- Les enjeux sanitaires liés aux sprays sont plus élevés que ceux liés aux autres diffuseurs actifs.
Cette conclusion potentielle est appuyée par des informations indirectes sur le nombre de personnes exposées, fournies par le sondage Ifop : les sprays aérosols sont utilisés par environ les deux tiers des Français, les diffuseurs actifs par environ un tiers ;
- Les enjeux sanitaires liés aux diffuseurs actifs sont plus élevés que ceux liés aux diffuseurs passifs.
Cette conclusion potentielle est nuancée par des informations indirectes sur le nombre de personnes exposées, fournies par le sondage Ifop : les diffuseurs actifs sont utilisés par environ un tiers des Français, les diffuseurs passifs par environ la moitié.

Les différences observées dans les émissions des différents types de désodorisants non combustibles étudiés peuvent notamment s'expliquer par :

- Des différences dans la forme et la composition des matières odorantes utilisées ;
- Les principes différents sur lesquels reposent les modes de diffusion. En particulier, certains désodorisants non combustibles peuvent conduire à l'émission de composés qui ne figurent pas dans la composition des matières odorantes utilisées, notamment lorsque la diffusion s'appuie sur une élévation de température.

5.3.2.2.6. *Comparaison avec les désodorisants combustibles*

Par ailleurs, à l'occasion d'études précédentes, l'Ineris avait réalisé une évaluation des risques liés aux désodorisants combustibles : encens, bougies parfumées... [12]. Au regard des résultats de la présente étude, plusieurs mises en regard peuvent être réalisées :

- Les désodorisants non combustibles et combustibles présentent deux substances d'intérêt communes : benzène et particules. Néanmoins :
 - Les émissions de benzène des désodorisants combustibles sont nettement supérieures à celles des désodorisants non combustibles. Par exemple, les concentrations horaires maximales des désodorisants combustibles peuvent dépasser 100 µg/m³, alors que celles des désodorisants non combustibles sont inférieures à 25 µg/m³,
 - La composition des particules émises par les désodorisants combustibles, issues d'un processus de combustion incomplète, est a priori très différente de celles de la plupart des désodorisants non combustibles ;
- Globalement, les expositions liées aux désodorisants combustibles ont été associées à des dépassements de valeurs repères plus fréquents que ceux obtenus pour les désodorisants non

combustibles testés. Par exemple, pour tous les encens testés, une concentration horaire maximale a dépassé une valeur repère aiguë.

5.3.2.2.7. Effets liés aux mélanges de substances

L'exposition simultanée à plusieurs substances toxiques peut produire des interactions, dont les effets sont encore imparfaitement connus. Par exemple, les effets des substances individuelles peuvent être inhibés ou, au contraire, peuvent rentrer en synergie de toxicité. L'évaluation des risques associés fait l'objet de travaux de recherche.

Les effets des mélanges de substances, parfois appelés « effets cocktails », constituent une limite classique des ERS. L'incertitude liée à cette limite croît avec le nombre de substances potentiellement présentes dans les mélanges considérés. Or les mesures effectuées dans la maison MARIA au cours du présent projet montrent la présence d'**environ 250 substances volatiles différentes**. D'autres études mentionnent des ordres de grandeur similaires [40, 108, 158].

Pour prendre en compte de potentiels effets liés à un mélange, dans une première approche pragmatique, les pratiques classiques [50] consistent à additionner les indicateurs de risques des substances (Σ QD, Σ ERI), puis à les comparer aux valeurs repères usuelles (1 ; 10^{-5}). Selon une logique similaire, à titre indicatif, une somme des ratios CMI/CLI – CMI/VGAI et des QD (pour les effets à seuil), et une somme des ERI (pour les effets sans seuil) ont été calculées, pour chaque désodorisant non combustible, dans le cadre de la présente étude.

- Pour le scénario 1, les sommes obtenues sont toutes inférieures aux valeurs repères usuelles.
- Pour le scénario 2, plusieurs dépassements de valeurs repères sont obtenus :
 - Pour tous les sprays testés, avec un dépassement maximal d'environ un facteur 25 (PR13) ;
 - Pour deux diffuseurs passifs testés, avec un dépassement maximal d'environ un facteur 3 (PR6-R) ;
 - Pour approximativement les deux tiers des diffuseurs actifs testés, avec un dépassement maximal d'environ un facteur 6 (PR7-R).

Considérer un seuil limite de COVT peut constituer une autre manière, indirecte, de prendre en compte de possibles interactions entre substances. Par exemple, concernant l'air intérieur :

- En France, dans le cadre de la Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration de l'Anses [109], il est recommandé que la concentration d'émission à 28 jours, calculée dans une pièce de référence (TRA de $0,5 \text{ h}^{-1}$; volume de 30 m^3), ne dépasse pas $1\,000 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$;
- en Belgique, dans une étude sur l'influence des désodorisants sur la qualité de l'air intérieur, VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek – Institut flamand de recherche technologique) utilise une valeur guide issue de la réglementation flamande : $200 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$. Cette valeur correspond également au niveau maximum de COVT proposé par la Finnish Society of Indoor Air Quality and Climate [102].

À titre de comparaison, concernant le scénario 1, la moyenne et le maximum des CMJ calculées sont respectivement d'environ :

- $300 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $730 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour les sprays aérosols dans la cuisine, seule pièce de la maison d'un volume de 30 m^3 ;
- $460 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $2\,000 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour les diffuseurs passifs dans les WC (5 m^3), seule pièce où sont utilisés ces désodorisants non combustibles dans le cadre du scénario 1 ;
- $60 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$ et $210 \text{ } \mu\text{g}/\text{m}^3$, pour les diffuseurs actifs dans le salon (90 m^3), seule pièce où sont utilisés ces désodorisants non combustibles dans le cadre du scénario 1.

Ces gammes de valeurs présentent des dépassements significatifs des valeurs repères utilisées par l'Anses et par VITO. Ces deux types de résultats indicatifs invitent également, dans une logique de prudence, à diminuer les expositions de la population générale.

5.3.2.2.8. Effets thérapeutiques attribués aux huiles essentielles

Concernant les huiles essentielles, l'évaluation de potentiels effets thérapeutiques ne fait pas partie du champ de la présente étude. Néanmoins, dans le cadre de réflexions sur des mesures de gestion des risques liés aux désodorisants [2], dont le périmètre réglementaire pourrait inclure des diffuseurs d'huiles

essentielles, ces aspects font partie des éléments permettant d'évaluer une balance « bénéfices / risques ».

Dans ce contexte, plusieurs constats factuels peuvent être faits à ce stade :

- en fonction de la composition des huiles essentielles, certains chercheurs, certains pharmaciens et certains fabricants mettent en avant des effets antibactériens, antiviraux, antifongiques, sédatifs, antispasmodique et anti-inflammatoires [103, 110-120] ;
- l'Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM) mentionne également des « propriétés médicamenteuses » [121]. Plus généralement, toujours d'après l'ANSM, « une huile essentielle est considérée comme un médicament si elle est présentée comme ayant des propriétés pour soigner ou prévenir des maladies humaines ou lorsqu'elle a une action pharmacologique, immunologique ou métabolique » [122] ;
- l'aromathérapie, qui utilise les huiles essentielles, est une pratique classiquement utilisée dans la médecine dite « non-conventionnelle » ou « alternative » [111-113, 123], qui peut être utilisée en complément de la médecine conventionnelle. Par exemple, une expertise collective de l'Inserm sur la maladie d'Alzheimer [124] indique que « L'aromathérapie utilisant des huiles essentielles issues de plantes odorantes a été utilisée dans la démence dans une perspective d'amélioration de la qualité de vie des patients. Plus particulièrement, le principe de cette thérapie est qu'en vertu de leurs propriétés apaisantes, l'utilisation d'huiles essentielles participerait à la relaxation du patient, améliorerait le sommeil, diminuerait les sensations de douleur, réduirait les symptômes dépressifs et participerait ainsi à procurer aux patients une meilleure qualité de vie. Parmi les thérapies « alternatives » telles que le massage, l'acupuncture, la phytothérapie, l'aromathérapie est la plus utilisée dans les services de soins publics au Royaume-Uni, et probablement la plus largement répandue pour les soins des patients atteints de démence » ;
- en France, plusieurs universités publiques proposent des diplômes en aromathérapie, à destination de pharmaciens et de médecins, en formation initiale ou continue [125-127] ;
- les huiles essentielles sont actuellement utilisées en milieu hospitalier, en France et à l'étranger [102, 128-132].

Des dispositifs utilisant des huiles essentielles font partie des désodorisants non combustibles testés dans la présente étude. Certains de ces dispositifs ont fait l'objet de dépassements de valeurs repères pour le scénario 2 : désodorisants non combustibles PR7, PR9, PR10 et PR11.

Dans l'objectif d'évaluer la balance bénéfices / risques de l'utilisation d'huiles essentielles avec ces dispositifs, les risques sanitaires associés à certaines pratiques pourront être mis en regard des effets thérapeutiques démontrés.

5.3.2.2.9. Mise en regard avec la perception de la population générale

Certains sondages d'opinion (Annexe 5, [133]) indiquent que de nombreuses personnes n'ont pas conscience que les désodorisants peuvent émettre des substances dégradant la qualité de l'air intérieur. Par exemple, comme cité plus haut, selon les résultats du sondage Ifop :

- Pour 65 % des Français, l'utilisation de désodorisants non combustibles, tous types confondus, soit améliore soit n'a pas d'effet significatif sur la qualité de l'air intérieur ;
- 40 % des utilisateurs de sprays aérosols ont pour objectif d'assainir l'intérieur, de même que 40 % des utilisateurs de diffuseurs passifs et 50 % des utilisateurs de diffuseurs actifs.

De plus, les résultats de ces sondages indiquent l'existence d'expositions non volontaires. Par exemple, les utilisateurs interviewés rapportent fréquemment la présence d'autres personnes dans la pièce d'utilisation, dont des enfants (cf. paragraphe 5.2.1.3).

Par ailleurs, selon deux sondages nationaux réalisés aux États-Unis en 2009, environ 20 % de la population générale déclare ressentir des effets sanitaires (maux de tête, difficultés à respirer, etc.) en lien avec l'utilisation de désodorisants. Ce pourcentage dépasse 30 % parmi les personnes asthmatiques [134]. Les mêmes ordres de grandeurs ont été trouvés pour le Royaume-Uni, l'Australie et la Suède [135]. A ce stade, aucun mécanisme de toxicité ne permet de rendre compte de ces observations [136, 137] et ces études ont été critiquées pour des risques de biais [137, 138].

De plus, selon les résultats du sondage Ipsos réalisé en 2012 pour le projet EPHECT [139] portant sur les utilisateurs français de désodorisants non combustibles :

- Lorsque l'intervieweur les a interrogés sur la mise en œuvre de la pratique « *J'évite d'utiliser le produit simultanément avec d'autres désodorisants* » :
 - 7 % des utilisateurs de sprays désodorisants et 16 % des utilisateurs de désodorisants passifs ont choisi la réponse « jamais » (aucun résultat n'est disponible pour les utilisateurs de désodorisants électriques),
 - 10 % des utilisateurs de sprays désodorisants et 12 % des utilisateurs de désodorisants passifs ont choisi la réponse « parfois » (aucun résultat n'est disponible pour les utilisateurs de désodorisants électriques) ;
- 42 % des utilisateurs de sprays désodorisants et 26 % des utilisateurs de désodorisants électriques ne lisent pas les instructions du fabricant avant la première utilisation (aucun résultat n'est disponible pour les utilisateurs de désodorisants passifs) ;
- Selon 12% des utilisateurs de sprays désodorisants et 13 % des utilisateurs de désodorisants électriques, aucune recommandation sur les quantités à utiliser n'est inscrite sur le produit qu'ils utilisent ;
- 19 % des utilisateurs de sprays désodorisants et 8 % des utilisateurs de désodorisants électriques utilisent plus de produits que la quantité recommandée, quand elle existe.

Enfin, selon un sondage national réalisé aux États-Unis en 2016 [133] :

- Plus des deux tiers de la population ne savent pas que les produits parfumés de consommation courante peuvent émettre des « *polluants atmosphériques dangereux* »,
- Plus de 60 % ne continueraient pas à utiliser un produit parfumé s'ils savaient qu'il émettait « *de tels polluants* » ;

Ces résultats suggèrent qu'une partie significative de la population générale ne considère pas que les désodorisants non combustibles puissent générer des expositions potentiellement préoccupantes. Ces résultats pourraient être liés aux constats suivants :

- les désodorisants font l'objet de publicités auprès du grand public, depuis plusieurs dizaines d'années [140] ;
- certains désodorisants sont commercialisés en pharmacie et en commerces « biologiques » [103, 141], des lieux souvent associés à une image de santé ;
- certaines huiles essentielles peuvent être recommandées chez des patients allergiques [103]. Plusieurs désodorisants testés affichent d'ailleurs la présence d'huiles essentielles dans la matière parfumée utilisée.

5.4. Discussion des incertitudes

Chaque étape de l'ERS est associée à des incertitudes, dont les principales sont discutées ci-après.

5.4.1. Caractérisation des usages, par l'intermédiaire d'un sondage

La caractérisation des usages se base sur les résultats d'un sondage national. Comme pour tout sondage, ces résultats sont construits à partir des réponses d'un nombre limité de personnes : ils sont donc associés à un certain niveau d'incertitudes. Pour diminuer ce niveau d'incertitudes, en cohérence avec les pratiques classiques de sondage :

- Plus de 1 000 personnes ont été sélectionnées pour constituer l'échantillon principal du sondage. Cette sélection a été réalisée selon la méthode des quotas (Sexe, âge, profession de la personne de référence...), après stratification par région et par catégorie d'agglomération ;
- Un sur-échantillon a permis d'obtenir plus de 700 personnes utilisatrices, pour chaque type de désodorisant non-combustible.

L'influence de ces incertitudes sur les risques évalués peut être considérée comme faible.

Par ailleurs, la description de certains diffuseurs actifs, fournie par le fabricant, ne permettrait raisonnablement pas de leur appliquer certains éléments des scénarios génériques issus du sondage :

- Pour PR9, l'utilisation décrite est centrée sur l'usage à partir d'un ordinateur (port USB). Les pièces WC, Salle de bain et Cellier ont donc été exclues des hypothèses retenues pour évaluer les expositions ;

- Pour PR10, l'utilisation décrite est centrée sur une utilisation ponctuelle, d'une durée de 30 minutes, avant le coucher d'un enfant. Une utilisation de 40 minutes par jour dans une chambre a donc été retenue pour ce désodorisant non combustible.
- Pour PR7, l'utilisation décrite inclut l'arrêt automatique de la diffusion après une heure d'utilisation ; la possibilité de relancer la minuterie à volonté est précisée par le fabricant. Est-ce qu'une personne qui envisage une utilisation continue (cf. scénario 2) utiliserait ce diffuseur ? Et si oui, à quelle fréquence penserait-elle à relancer la minuterie ? Les informations disponibles ne permettent pas de répondre à ce type de questions ; ceci est une limite liée à l'utilisation de scénarios génériques pour toute une catégorie de désodorisants non combustibles. En l'occurrence, les expositions chroniques calculées dans les scénarios 2 et 3 sont probablement surévaluées pour PR7, sans possibilité de quantifier cette surévaluation. Ces expositions correspondraient à un désodorisant non combustible utilisant une matière diffusée et un système de diffusion similaires, mais permettant une diffusion continue aisée.

Une autre limite du même type est associée aux sprays sans gaz propulseurs, tels que PR11 et PR12, pour lesquels la notion de « durée d'une pression » s'applique mal. Est-ce qu'une personne qui envisage un niveau d'utilisation du type « 4 pressions de 2 secondes chacune » (cf. scénario 2) utiliserait ce type de sprays manuels ? Et si oui, quel serait le nombre de pressions supplémentaires qu'elle envisagerait pour compenser l'impossibilité de faire durer une pression ? Par exemple, comment traduire en nombre de pressions la recommandation « Vaporiser uniformément dans l'atmosphère » du fabricant de PR12 ? Les informations disponibles ne permettent pas de répondre à ce type de questions. En l'occurrence, les expositions chroniques calculées dans les scénarios 2 et 3 pourraient être surévaluées pour PR11 et PR12, sans possibilité de quantifier cette surévaluation.

5.4.2. Autres paramètres permettant de construire des concentrations moyennes inhalées

En complément des caractéristiques des usages, la quantification des expositions se base sur des choix de valeurs pour d'autres paramètres. Par exemple : taux de renouvellement d'air, volume des pièces de maison, temps de présence journalier par pièce.

Ces choix ont été effectués en tenant compte des paramètres retenus pour l'ERS du projet EPHECT [55, 79]. Pour mémoire, EPHECT est un projet de référence mené par l'Union Européenne en 2013, auquel l'Ineris a contribué.

Les valeurs de paramètres utilisées dans EPHECT sont principalement issues de sondages et de revues bibliographiques spécialisées [79, 80]. Ces sources de données ont permis d'obtenir des valeurs de paramètres spécifiques à plusieurs zones géographiques.

L'influence des incertitudes associées sur les risques évalués peut être considérée comme faible.

5.4.3. Caractérisation des émissions

Les émissions des désodorisants non combustibles testés ont été mesurées en conditions réalistes, dans une maison expérimentale. Pendant ces mesures, les utilisations de désodorisants non combustibles ont été cohérentes avec les recommandations des fabricants, lorsqu'elles existaient. A défaut, elles ont correspondu à un usage réaliste.

Ces conditions de mesures se rapprochent au mieux de conditions réalistes d'utilisation, limitant les incertitudes concernant l'application des désodorisants non combustibles.

Les mesures en conditions réalistes ont été réalisées, approximativement, pendant les deux heures suivant le début de l'utilisation. Ce choix a permis de pouvoir prendre en compte la formation des composés secondaires produits pendant cette période.

Ces conditions de mesures permettent de réduire les incertitudes concernant la formation de polluants secondaires, notamment par rapport aux mesures en chambre d'essai, les plus courantes dans la littérature scientifique.

Tout dispositif de mesures présente des limites dans sa capacité à détecter et quantifier les substances émises par un désodorisant non combustible. Néanmoins, le périmètre des COV recherchés dans PRESSENS était large (cf. section précédente) et chaque substance d'intérêt sanitaire connue a été ciblée et mesurée de manière spécifique. Le risque de ne pas avoir mesuré un COV à fort enjeu sanitaire peut être considéré comme faible.

De fortes variabilités ont été trouvées dans les émissions mesurées, entre désodorisants non combustibles d'une même catégorie, ce qui est cohérent avec la littérature scientifique existante (cf. sous-section 5.5.1), et aussi parfois entre les différents répliques d'un même désodorisant non combustible. Le choix d'effectuer de nombreux répliques a permis de mettre en évidence cette variabilité d'émission intrinsèque à l'utilisation de certains désodorisants non combustibles. C'est une des valeurs ajoutées du projet PRESSENS que d'avoir pu fournir une première caractérisation de cette incertitude (cf. section précédente) et de fournir une évaluation des risques pour chaque mesure effectuée.

5.4.4. Caractérisation des concentrations d'exposition

Les concentrations d'exposition ont été élaborées à partir des concentrations mesurées dans la maison MARIA. Cette élaboration s'est basée sur des hypothèses simples, dont les principales sont les suivantes :

- Uniformité des concentrations dans chaque pièce de maison ;
- En l'absence d'aération, décroissance des concentrations uniquement due au renouvellement d'air de la pièce ;
- Stationnarité du débit d'extraction d'air et, dans le cas des diffuseurs, de la source d'émission ;
- Absence d'échange d'air entre les pièces.

Les incertitudes liées à ces hypothèses sont difficilement quantifiables avec les informations disponibles. Leur influence sur les risques chroniques peut être considérée comme probablement limitée et inférieure à d'autres incertitudes de l'ERS.

Dans une pièce de maison, le renouvellement de l'air et la distribution des concentrations sont hétérogènes. Cette hétérogénéité est plus ou moins marquée, en fonction [144, 145] :

- Des caractéristiques des bouches d'aération. Par exemple : débit d'air, vitesse, disposition dans la pièce ;
- Des caractéristiques de la (des) source(s) d'émissions. Par exemple : flux de substances, disposition dans la pièce.

Une pièce peut présenter certaines zones mortes où l'air est mal renouvelé, jusqu'à dix fois moins que dans d'autres zones [145]. Par conséquent, chaque zone de la pièce pourrait correspondre à des concentrations horaires locales significativement différentes, plus élevées ou plus faibles, par rapport à celles estimées en supposant des concentrations uniformes dans la pièce. Cette incertitude pourrait amener à sous-estimer ou à sur-estimer les risques aigus associés à certaines configurations (caractéristiques de la pièce, caractéristiques des désodorisants, zone de l'utilisation).

Dans tous les cas, par rapport aux concentrations moyennes dans la pièce, des concentrations plus élevées sont attendues à proximité de la source d'émissions. L'utilisation de concentrations moyennes, basées sur des mesures réalisées au niveau de l'extraction de l'air de la pièce de mesure dans la maison MARIA, conduit à sous-estimer les expositions de courte durée.

5.4.5. Quantification des risques

Concernant la toxicité des substances retenues, les relations dose-effet ont été caractérisées à l'aide des VTR disponibles dans des bases de référence (OMS, US-EPA, ATSDR, etc.).

Dans la logique de construction de ces VTR, des facteurs d'incertitude sont appliqués aux données toxicologiques disponibles, afin de tenir compte des incertitudes liées aux extrapolations inter-espèces et à la variabilité inter-individuelle.

Pour la plupart des substances, cette incertitude conduit à une surestimation du risque calculé, non quantifiable. Elle peut, plus exceptionnellement, conduire à une sous-estimation du risque sanitaire évalué, également non-quantifiable.

Lorsque plusieurs VTR existent pour une même substance et une même voie d'exposition, le choix s'est basé :

- En priorité sur les argumentaires développés par les groupes d'experts de l'Anses ou de l'Ineris, lorsque ceux-ci ont été publiés ;
- A défaut, en suivant des règles reconnues de consultation de bases de données de références, telles que précisées dans la note d'information N° DGS/EA1/DGPR/2014/307 [59].

Les écarts entre les VTR d'une même substance sont généralement limités (facteur 2 à 3), exceptionnellement supérieurs à 10. L'influence de cette incertitude sur le risque évalué ne peut-être quantifiée précisément. La méthode de choix retenue permet de la limiter : cette incertitude est probablement très inférieure aux incertitudes liées à l'élaboration des VTR.

Compte tenu de leur mode de construction actuel, les VTR couvrent imparfaitement les effets sensibilisants. Des réflexions sont en cours, considérant la possibilité d'une prise en compte par une démarche sans seuil [65].

Les effets sensibilisants de certains COV sont bien connus. Par exemple, le deuxième Plan national santé-environnement (PNSE2) précise, dans l'introduction de sa fiche dédiée à la qualité de l'air intérieur, que *« les premières exploitations « sanitaires » de l'état de la qualité de l'air dans les logements français fourni par l'Observatoire de la qualité de l'air intérieur, montrent que l'asthme et la rhinite sont associés positivement aux concentrations intérieures en certains composés organiques volatils (COV). Irritants, ces derniers peuvent agir comme co-facteurs de la sensibilisation et abaissent le seuil de déclenchement des réactions allergiques. »*

Le règlement européen CLP¹⁰ comprend 28 classes de danger, incluant la classe « Sensibilisation respiratoire ». Cette classe comprend une unique catégorie (« 1 »⁽¹¹⁾), ainsi que deux sous-catégories (« 1A »⁽¹²⁾ et « 1B »⁽¹³⁾) pour tenir compte du niveau d'intensité de l'effet, lorsque les données disponibles permettent de réaliser une évaluation affinée [146].

Les COV émis par les désodorisants non combustibles peuvent présenter des propriétés sensibilisantes par voie respiratoire [102]. Parmi les COV émis par les désodorisants non combustibles étudiés dans la maison MARIA, plusieurs sont classés comme « sensibilisant respiratoire » dans l'Inventaire des classifications et des étiquetages de l'Agence européenne des produits chimiques [147]. Par exemple : BHT (1) et menthone (1A). Les risques liés aux effets sensibilisants des substances émises sont imparfaitement pris en compte, faute de pouvoir précisément les évaluer.

L'analyse de ces incertitudes suggère une proposition d'action de gestion : identifier les substances sensibilisantes émises et, le cas échéant, en mentionner la présence sur l'emballage du produit. Cette mesure pourrait également s'appliquer aux autres types de substances potentiellement émises et dont la toxicité est imparfaitement comprise aujourd'hui : les nanoparticules¹⁴ et les perturbateurs endocriniens¹⁵.

Cette mesure de gestion est intégrée à la Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration établie par l'Anses en 2009 [109].

¹⁰ *Classification, Labelling, Packaging* ; règlement européen n° 1272/2008 du Parlement européen relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances chimiques et des mélanges.

¹¹ Les substances sont classées comme sensibilisants respiratoires « catégorie 1 » lorsque les données sont insuffisantes pour les classer dans une sous-catégorie 1A ou 1B.

¹² Substances présentant une fréquence d'occurrence élevée chez les humains ou une probabilité d'apparition de taux de sensibilisation élevé chez les humains sur la base d'essais sur des animaux ou autres. La gravité de la réaction peut également être prise en compte.

¹³ Substances présentant une fréquence d'occurrence faible à modérée chez les humains ou une probabilité d'apparition de taux de sensibilisation faible à modéré chez les humains sur la base d'essais sur des animaux ou autres. La gravité de la réaction peut également être prise en compte.

¹⁴ En Europe, un étiquetage « [nano] » est déjà mis en œuvre pour les produits cosmétiques, les produits biocides et l'alimentation. En France, des critères de définition réglementaires existent pour les matières nanoparticulaires.

¹⁵ Cet étiquetage pourrait se fonder sur des critères au moins aussi protecteurs que ceux définis par la Commission européenne et adoptés le 13/12/2017 par les États membres de l'Union européenne.

5.5. Comparaison avec les résultats existants – revue de la littérature scientifique

Dans l'objectif d'apporter un éclairage supplémentaire dans l'interprétation des résultats obtenus sur le plan sanitaire, ces derniers ont été comparés aux résultats existants, sur la base d'une revue de la littérature scientifique. Concernant cette revue, la méthode retenue et sa déclinaison pour la présente ERS sont détaillées en Annexe 13.

5.5.1. Evaluations d'expositions existantes

Les documents retenus pour la revue incluent plusieurs évaluations d'expositions, dont les principales caractéristiques sont présentées dans le Tableau 28.

Comme attendu [76, 104, 148], compte tenu de la forte variabilité existante dans la composition des matières odorantes, dans les dispositifs de diffusion, dans les émissions mesurées entre les répliques pour un même désodorisant non combustible (cf. section précédente), dans les usages retenus et dans les lieux d'usages considérés, les évaluations d'expositions existantes dans la littérature présentent une grande variabilité. Au regard de ces expositions, en première approche, les résultats de la présente étude :

- ne présentent pas d'anomalie évidente ;
- incluent des expositions maximales, chroniques ou de courtes durées, souvent supérieures à celles présentes dans la littérature, notamment pour le formaldéhyde. Par exemple, dans la littérature scientifique, toutes les expositions de courte durée au formaldéhyde sont inférieures à 100 µg/m³.

5.5.2. Evaluations de risques existantes dans la littérature

Les documents retenus pour la revue incluent plusieurs évaluations de risques, dont les principales caractéristiques sont présentées dans le

Tableau 29.

Aucune évaluation de risques sans seuil n'a été identifiée dans la présente revue.

Globalement, la littérature scientifique contient peu de d'évaluation des risques liés aux désodorisants non-combustibles. Ces quelques évaluations concluent toutes à l'absence de situation préoccupante. Ceci s'explique notamment par :

- une sélection de valeurs de toxicité [55] souvent différentes de celles retenues pour la présente étude ;
- des expositions maximales, chroniques ou de courtes durées, souvent inférieures à celles de la présente étude (cf. sous-section 5.5.1).

Tableau 28 : Evaluations d'expositions existantes dans la littérature scientifique, pour certaines substances d'intérêt
(entre parenthèses sont précisés le nombre de désodorisants non combustibles testés selon leur forme)

Etude – auteurs et année de la publication	Composés	Concentration(s) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Expositions de courte durée, pics de concentration	Concentration(s) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Expositions chroniques, de longue durée	Commentaires – informations issues de l'étude considérée
Delmas, C. et al [99]	Limonène	Max : 57 300	-	Un unique spray testé, contenant un mélange de 41 huiles essentielles Trois protocoles différents, correspondant à trois équipements de mesures, dont une pièce 42 m ³ Suivi des préconisations d'usage du produit : 8 pulvérisations Concentrations moyennes sur 0,5 h.
	Eucalyptol	Max : > 12 365	-	
	⌘-Pinène	Max : > 1 248	-	
	⌘-Terpinène	Max : 961	-	
	⌘-Pinène	Max : 851	-	
	⌘-Terpinéol	Max : 717	-	
Bureau européen des Unions de Consommateurs (BEUC) [148]	Benzène	Gels (n=9) : [0 - 0] Liquides (n=10) : [4 - 8] Diffuseurs électriques (n=16) : [0 - 0] Sprays (n=21) : [0 - 0]	-	Concentrations moyennes sur 50 minutes (COV) ou sur 20 minutes (aldéhydes) Usages "communs"
	Formaldéhyde	Gels (n=9) : [0 - 0] Liquides (n=10) : [0 - 6] Diffuseurs électriques (n=16) : [2 - 13] Sprays (n=21) : [0 - 1]	-	Mesures en conditions réelles Mesures après 2 heures d'utilisation pour les diffuseurs électriques ("position max"), les gels et les liquides. Sprays : trois pulvérisations, puis mesures trois minutes après la dernière pulvérisation
	Limonène	Gels (n=9) : [2 - 735] Liquides (n=10) : [1 - 107] Diffuseurs électriques (n=16) : [1 - 498] Sprays (n=21) : [1 - 2003]	-	Désodorisants placés au sol, au milieu de la pièce de mesure, portes fermées. Mesures effectuées à environ deux mètres du désodorisant.
Höllbacher E et al. [149]	Dipropylène glycol méthyl éther	Max : 52	-	Concentrations moyennes sur 30 minutes. Mesures réalisées dans une maison expérimentale, répondant aux standards types de la norme prEN 16516
	Limonène	Max : 26	-	Caractéristiques de la pièce : meublée, 30 m ³ , TRA = 0,5 h ⁻¹
	⌘-Terpinéol	Max : 13	-	Désodorisant électrique (fréquence maximale) et huile parfumée dans un flacon en verre
	⌘-Pinène	Max : 10	-	
Nørgaard AW et al. [150]	Limonène	Max : 5	-	Concentrations moyennes sur une durée de 30 à 60 minutes
	Formaldéhyde	Max : 29	-	Désodorisant de type diffuseur-prise Pièce de mesures : 20 m ³ , TRA = 0,6 h ⁻¹ , en présence d'un faible (5ppb) puis d'un fort (50 ppb) taux d'ozone
	Acétone	Max : 40	-	

Etude – auteurs et année de la publication	Composés	Concentration(s) (µg/m³) - Expositions de courte durée, pics de concentration	Concentration(s) (µg/m³) - Expositions chroniques, de longue durée	Commentaires – informations issues de l'étude considérée
Rogers RE et al. [151]	Limonène	Max : 91	-	Concentrations moyennes sur de 30 à 60 minutes / Spray – utilisation pendant cinq secondes / Volume de la pièce : 14,5 m³
Singer BC et al. [152]	Limonène	-	35	Concentrations moyennes sur 72 heures / Caractéristiques de la pièce de mesures : 50 m³, 0,5 h⁻¹ / Test sur un diffuseur-prise, incluant une huile parfumée / Exposition présumée : 24h/24
	Linalol	-	132	
	β-Citral	-	7	
ter Burg W et al. [153]	Limonène	-	Moy : 54,2 P90 : 342	Concentrations moyennes sur 24 heures Utilisation de modèles de référence, incluant des scénarios d'exposition génériques : ConsExpo, RIVM Emission tool Sprays aérosols, sans pression, évaporateurs liquides, « blocs senteurs » / Volume des pièces modélisées : 10 ou 58 m³
	Linalol	-	Moy : 14,1 P90 : 66	
Carrer P et al. 2013. [154]	Limonène	Sprays : max : 18 (24 m³, 0,35 h⁻¹) max : 19,1 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Gels : 19,3 (90 m³, 0,35 h⁻¹) 56,1 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Désodorisants électriques : 38,2 (24 m³, 0,35 h⁻¹) 94,1 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	Sprays : max : 2,3 (24 m³, 0,35 h⁻¹) max : 7,4 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Gels : max : 14,2 (90 m³, 0,35 h⁻¹) max : 37,8 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Désodorisants électriques : max : 19,4 (24 m³, 0,35 h⁻¹) max : 56 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	Produits testés : deux sprays, deux gels, deux diffuseurs électriques Mesures d'émissions en chambres d'essais, puis modélisation dans une maison de référence Deux TRA considérés : 0,35 h⁻¹ et 0,1 h⁻¹ Scénarios génériques pour les expositions chroniques : personnes retraitées et femmes au foyer (sic) Exposition maximale calculée sur une durée de 30 minutes
		Gels max : 12,7 (90 m³, 0,35 h⁻¹) max : 36,9 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Désodorisants électriques : max : 5,2 (24 m³, 0,35 h⁻¹) max : 12,8 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	Gels max : 9,4 (90 m³, 0,35 h⁻¹) max : 24,8 (24 m³, 0,1 h⁻¹) Désodorisants électriques : max : 2,6 (24 m³, 0,35 h⁻¹) max : 7,6 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	
	Formaldéhyde	Désodorisants électriques : max : 16,4 (24 m³, max : 0,35 h⁻¹) 40,4 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	Désodorisants électriques : max : 8,3 (24 m³, max : 0,35 h⁻¹) max : 24 (24 m³, 0,1 h⁻¹)	
	d-Limonène		60 – 3 490	
	β-pinène		120 – 2 400	
	p-Cymène		120 – 130	
Lassen C. et al. [155]				

Etude – auteurs et année de la publication	Composés	Concentration(s) (µg/m³) - Expositions de courte durée, pics de concentration	Concentration(s) (µg/m³) - Expositions chroniques, de longue durée	Commentaires – informations issues de l'étude considérée
Rappel de certaines expositions évaluées dans la présente étude (CMI _{Ma})	Formaldéhyde	Min : 0 Max : $3,7 \cdot 10^2$ Med : $1,5 \cdot 10^1$ Moy : $7,6 \cdot 10^1$	Sc2 : Min : 0 Max : $5,7 \cdot 10^1$ Med : 2,1 Moy : $1,5 \cdot 10^1$	Le détail de l'ensemble des expositions calculées est fourni en Annexe .
	Benzène	Min : 0 Max : $2,1 \cdot 10^1$ Med : $7,6 \cdot 10^{-1}$ Moy : 2,9	Sc2 Min : 0 Max : 4,0 Med : $9,9 \cdot 10^{-2}$ Moy : $7,0 \cdot 10^{-1}$	
	Limonène	Min : 0 Max : $5,2 \cdot 10^4$ Med : $5,1 \cdot 10^2$ Moy : $4,4 \cdot 10^3$	Sc2 Min : 0 Max : $8,0 \cdot 10^3$ Med : $4,7 \cdot 10^1$ Moy : $6,2 \cdot 10^2$	
	β-pinène	Min : 0 Max : $2,8 \cdot 10^3$ Med : $6,5 \cdot 10^1$ Moy : $4,2 \cdot 10^2$	Sc2 Min : 0 Max : $6,6 \cdot 10^2$ Med : 7,9 Moy : $8,8 \cdot 10^1$	

Tableau 29 : Evaluations de risques existantes dans la littérature scientifique

Etude – auteurs et année de la publication	Composés	Indicateurs de risque		Commentaires – informations issues de l'étude considérée
		Ratios de risque aigu ou équivalent	QD ou équivalent	
Bureau européen des Unions de Consommateurs (BEUC) [148]	Formaldéhyde	Concentrations inférieures à la valeur sanitaire retenue (100 µg/m³)	-	Concentrations moyennes sur 50 minutes (COV) ou sur 20 minutes (aldéhydes) Usages "communs" Mesures en conditions réelles
	Limonène	A l'exception d'un spray, concentrations inférieures à la valeur sanitaire retenue (1250 µg/m³)	-	Mesures après 2 heures d'utilisation pour les diffuseurs électriques ("position max"), les gels et les liquides. Sprays : trois pulvérisations, puis mesures trois minutes après la dernière pulvérisation Désodorisants placés au sol, au milieu de la pièce de mesure, portes fermées. Mesures effectuées à environ deux mètres du désodorisant.
Nørgaard AW et al. [150]	Limonène	5,6.10 ⁻⁵	-	Concentrations moyennes sur une durée de 30 à 60 minutes
	Formaldéhyde	2,9.10 ⁻¹	-	Désodorisant de type diffuseur-prise
	Acétone	7,4.10 ⁻⁴	-	Pièce de mesures : 20 m³, TRA = 0,6 h ⁻¹ , en présence d'un faible (5ppb) puis d'un fort (50 ppb) taux d'ozone
Carrer P et al. 2013. [154]	Limonène	Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (90 000 µg/m³)	Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (9 000 µg/m³)	Produits testés : deux sprays, deux gels, deux diffuseurs électriques Mesures d'émissions en chambres d'essais, puis modélisation dans une maison de référence Deux TRA considérés : 0,35 h ⁻¹ et 0,1 h ⁻¹ Scénarios génériques pour les expositions chroniques : personnes retraitées et femmes aux foyer (sic) Exposition maximale calculée sur une durée de 30 minutes
	2-p inène	Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (45 000 µg/m³)	Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (4 500 µg/m³)	
		Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (100 µg/m³)	-	
	Formaldéhyde	Expositions inférieures à la valeur sanitaire retenue (100 µg/m³)	-	

5.5.3. Autres types de résultats existants

En dehors des évaluations de risques proprement dites existantes dans la littérature, les documents sélectionnés, permettent d'aborder des aspects sanitaires associés aux désodorisants non-combustibles, en complément des enseignements présentés au paragraphe précédent. Il en ressort les points suivants :

- des concentrations mesurées lors de certaines études ont dépassé des seuils de concentrations associés à une exacerbation de symptômes existants pour des personnes asthmatiques [99, 103, 156] ;
- des concentrations mesurées sont restées inférieures : (i) à des valeurs guides nationales, notamment sur les COVT [157, 158], (ii) à des NOAEL (No Observable Adverse Effect Level, soit en français, dose sans effet nocif observable (DSENO)) [157], (iii) à des seuils de référence pour certaines substances sensibilisantes [153] ;
- l'hypothèse d'un risque de sensibilisation par inhalation a été infirmée par des revues de littérature, certaines bénéficiant de financements de l'industrie des parfums [137, 160], d'autres non [136] ;
- certaines études épidémiologiques concluent à l'absence d'association significative entre l'usage de désodorisants non-combustibles et des allergies cutanées [161] ;
- certaines études épidémiologiques concluent à une association significative entre l'usage de désodorisants non-combustibles et :
 - des troubles respiratoires pendant les premières années de vie [162],
 - un risque accru de cancer du sein [84],
 - une baisse à court terme de la capacité de ventilation pulmonaire [163] ;
- certaines études toxicologiques concluent à une association significative entre l'exposition à des désodorisants non-combustibles et des effets observés chez le rat [164, 165, 166, 167] ;
- certaines études mentionnent la présence de substances dangereuses dans la composition des désodorisants non combustibles, pouvant conduire à des expositions à risque [168]. C'est également le cas de plusieurs études produites par des associations de consommateurs [141-143] ou de manuels de référence (« textbooks ») [169-172] ;
- une revue de littérature conclut à une association significative entre l'usage de désodorisants non-combustibles et des effets sanitaires (troubles du système respiratoire...), sans qu'un lien de causalité puisse être établi à ce stade [105] ;
- une revue de littérature, réalisée dans le cadre d'une expertise collective portant sur les sprays et diffuseurs à base d'huiles essentielles à usage domestique, a indiqué un manque de données suffisantes pour conclure à une absence de risques [102] ;
- une expertise collective réalisée par la commission européenne (*Scientific Committee on Health and Environmental Risks* (SCHER)), datée de 2006, a conclu que certains désodorisants non-combustibles pouvaient « *causer ou aggraver les symptômes de personnes hautement sensibles* » et présenter des préoccupations pour les enfants [104].

Enfin, comme décrit au paragraphe 5.3.2.2, des sondages réalisés dans cinq pays occidentaux (Etats-Unis, Royaume-Uni, Allemagne, Australie, Suède) indiquent que 15 à 20 % de personnes rapportent des effets sanitaires (maux de tête, difficultés à respirer, etc.) en lien avec l'utilisation de désodorisants non combustibles [108, 135, 174-179]. Ce pourcentage dépasse 30 % parmi les personnes asthmatiques [134] et 60 % parmi les personnes souffrant de troubles du spectre autistique [177].

5.6. Conclusions de l'ERS

L'objectif de cette section était **d'identifier les substances les plus préoccupantes** parmi celles émises par les désodorisants non-combustibles, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés. Pour répondre à cet objectif, la démarche d'Évaluation des Risques Sanitaires (ERS) a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages et (ii) des concentrations mesurées dans la maison MARIA.

Cette ERS s'inscrit dans le prolongement de premiers travaux du CSTB, du LCE et de l'Ineris, réalisés sur la base de mesures effectuées en laboratoire [76].

Les résultats détaillés du sondage ont permis de construire **plusieurs scénarios d'exposition génériques**, permettant de caractériser les expositions chroniques.

Le scénario n°1, dont l'objectif est de caractériser les risques pour un utilisateur dont **les pratiques et les caractéristiques environnementales sont courantes**, se trouvant dans la moyenne des pratiques et des caractéristiques observées. Dans le cadre de ce scénario :

- Concernant les usages :
 - Pour les sprays et aérosols, un produit est utilisé dans chaque pièce de la maison, selon une fréquence variant entre deux fois tous les trois jours, dans les toilettes, et une fois tous les trois mois, dans une chambre. Chaque utilisation correspond à deux pressions d'une seconde,
 - Pour les diffuseurs passifs, un produit est utilisé en continu dans les toilettes, pendant 10 mois par an,
 - Pour les diffuseurs actifs, autres que sprays et aérosols, un produit est utilisé trois fois par semaine dans le salon, pendant 40 minutes ;
- Les pièces de la maison sont régulièrement aérées.

Le scénario n°2, dont l'objectif est de caractériser les risques pour un utilisateur dont **les pratiques et les caractéristiques environnementales majoraient raisonnablement l'exposition moyenne**. Dans le cadre de ce scénario :

- Concernant les usages :
 - Pour les sprays et aérosols, un produit est utilisé dans chaque pièce de la maison, selon une fréquence variant entre six fois par jour, dans les toilettes, et une fois par jour, dans une chambre. Chaque utilisation correspond à quatre pressions de deux secondes,
 - Pour les diffuseurs passifs, un produit est utilisé en continu dans chaque pièce de la maison, pendant 11 mois par an,
 - Pour les diffuseurs actifs, autres que sprays et aérosols, un produit est utilisé en continu dans chaque pièce de la maison, pendant 11 mois par an,
- Les pièces de la maison ne sont pas aérées manuellement. Les concentrations décroissent avec le renouvellement d'air propre au bâtiment, uniquement.

Sur la base de ces scénarios et des concentrations mesurées dans la maison MARIA, des expositions chroniques et des expositions de courte durée (« aiguës ») ont été estimées pour chaque substance émise par chaque désodorisant testé.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes :

- Les expositions chroniques, correspondant au scénario d'exposition n°1, pour chaque substance émise par chaque désodorisant non combustible, sont inférieures aux valeurs repères retenues ($QD < 1$, $ERI < 10^{-5}$, concentrations moyennes inhalées inférieures aux concentrations limite d'intérêt (CLI) et aux valeurs guides de qualité d'air intérieur (VGAII)) ; les expositions cumulées (« multi-substances ») sont également inférieures aux valeurs repères retenues, pour chaque désodorisant non combustible. Ces résultats suggèrent que **les expositions les plus courantes peuvent être considérées comme non préoccupantes**, au regard des substances considérées et des hypothèses de l'étude. Cette conclusion de l'étude est également appuyée par le fait que les mesures en condition réelles incluent les substances d'origine secondaire.
- Concernant les expositions chroniques associées au scénario d'exposition n°2, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions chroniques les plus élevées**. Les substances concernées peuvent être considérées, pour les risques chroniques, comme les substances d'intérêt prioritaires : acroléine, benzène et limonène.
 - Pour l'acroléine :
 - L'effet critique associé à la VTR à seuil ($0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$) correspond à des *lésions de l'épithélium respiratoire supérieur*,
 - L'exposition maximale obtenue dans le cadre du projet ($3,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard des concentrations mesurées dans les logements français, caractérisées par une médiane de $1,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un percentile 95 de $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$;
 - Pour le benzène :
 - L'effet critique associé à la VTR sans seuil correspond à des *leucémies aiguës* ;

- L'exposition maximale obtenue dans le cadre du projet ($4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard des concentrations mesurées dans les logements français, caractérisées par une médiane de $2,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et un percentile 95 de $7,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- Pour le limonène :
 - L'effet critique associé à la concentration limite d'intérêt européenne ($450 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est *Toxicité pour le foie* ;
 - L'exposition maximale obtenue dans le cadre du projet ($8 \text{ mg}/\text{m}^3$) peut être mise en regard de la valeur de toxicité construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : $9 \text{ mg}/\text{m}^3$.
- Concernant les expositions de courte durée, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un **besoin de diminuer les expositions aigües les plus fortes**. Les substances pouvant être considérées, pour les risques aigus, comme les substances d'intérêt prioritaires, sont l'acroléine et le formaldéhyde.
 - Pour l'acroléine :
 - L'effet critique associé à la VTR aigüe ($6,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) est irritation nasale et de la gorge, diminution de la fréquence respiratoire ;
 - L'exposition maximale obtenue ($23 \mu\text{g}/\text{m}^3$) peut être mise en regard de la valeur de toxicité aigüe construite à l'occasion du projet européen de référence EPHECT : $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
 - Pour le formaldéhyde, l'effet critique associé à la VGAI court terme ($100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) correspond à une *irritation oculaire*. Néanmoins, cet effet constitue le premier évènement clé précurseur de potentiels effets plus sévères, notamment cancérogènes.
- Sur la base de l'ensemble des indicateurs de risques calculés, les substances contribuant le plus aux risques sont l'acroléine, le formaldéhyde, le benzène et le limonène. Ces substances présentent donc un intérêt prioritaire du point de vue sanitaire, dans une démarche de gestion des risques.

De plus, les particules émises par certains désodorisants non combustibles ont conduit à de fortes expositions. Par exemple, concernant les particules fines $\text{PM}_{2,5}$, plusieurs sprays ont été associés à des expositions supérieures à $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Par ailleurs, les désodorisants non-combustibles peuvent émettre d'autres types de substances, dont notamment des phtalates, des substances sensibilisantes et à l'état nanoparticulaire, aux effets aujourd'hui imparfaitement connus.

A ce stade des connaissances, une logique de prudence invite à diminuer les expositions pour les personnes les plus fragiles, telles que les femmes enceintes, les jeunes enfants et les personnes asthmatiques. Cette diminution pourrait notamment s'appuyer sur des recommandations de bonnes pratiques : usage modéré¹⁶, aération régulière de l'habitation, élimination ou réduction des sources d'odeurs désagréables, etc.

En outre, d'autres aspects suggèrent que diminuer les expositions chroniques de la population générale, dans son ensemble, pourrait aussi s'inscrire dans une logique de prudence :

- Les substances d'intérêt prioritaire, mentionnées ci-dessus, ne sont pas spécifiques aux émissions de désodorisants non-combustibles. D'autres sources se trouvent classiquement dans les environnements intérieurs : produits ménagers, meubles, encens, bougies... Les émissions de ces **différentes sources peuvent se cumuler**.
- Les toxicités de toutes les substances détectées dans les émissions ne sont pas documentées. Dans le cas des désodorisants non combustibles testés dans PRESSENS, environ 28 % des substances détectées ont pu être caractérisées par une valeur de toxicité. Il s'agit d'une des limites de la présente étude.
- **La toxicité des mélanges** de substances est difficilement évaluable ; elle fait l'objet de travaux de recherche. Or, dans le cadre de cette étude, environ 250 COV ont été mesurés, dont certains sont

¹⁶ Éviter les utilisations continues et, pour les utilisations ponctuelles, ne pas dépasser une utilisation par jour, tout en aérant quotidiennement la pièce pendant au moins 10 minutes, semblent être des pratiques permettant d'assurer l'absence de situation préoccupante avec une prudente marge de sécurité, au regard des hypothèses, des produits et des substances considérés dans l'étude.

connus pour produire des composés secondaires, par réaction avec d'autres substances présentes dans l'air intérieur....

Enfin, plusieurs des désodorisants non combustibles testés comprenaient des huiles essentielles. Celles-ci peuvent être utilisées avec divers systèmes de diffusion, dans le cadre de pratiques de soins non-conventionnelles et en milieu hospitalier. Dans l'objectif d'évaluer la balance bénéfices / risques de l'utilisation d'huiles essentielles, les risques sanitaires associés à certaines pratiques pourront être mis en regard des effets thérapeutiques démontrés.

6. Conclusions

Le projet de recherche PRESSENS, lauréat de l'appel à projet CORTEA 2017, a étudié l'impact des polluants volatils et particulaires émis lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles sur la qualité de l'air intérieur et sur l'exposition des occupants. Il a été réalisé grâce à l'association des expertises de la Direction Santé Confort du CSTB, du Laboratoire de Chimie de l'Environnement d'Aix-Marseille Université et de la Direction des Risques Chroniques de l'Ineris. Les produits étudiés ont été les désodorisants non combustibles à diffusion passive (solides ou matériaux imbibés) ou active (chaleur douce, ultrason, spray, aérosol).

Sélection et composition des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS

Dans un premier temps, un panel de désodorisants non combustibles a été constitué en intégrant plusieurs critères : (i) la typologie du diffuseur, (ii) son mode de fonctionnement, (iii) son conditionnement, (iv) le lieu de vente, (v) le fabricant et (vi) la présence de propriétés ou labels spécifiques.

Des analyses de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, ont été réalisées. La comparaison des données d'émissions, associée au recueil des éléments fournis par les fabricants, a mis en évidence (i) une information parcellaire des éléments portés à la connaissance des utilisateurs et (ii) la nécessité de réaliser une analyse combinée associant à la composition liquide celle de la fraction organique volatilisable afin de disposer d'indications fiables et pertinentes.

Evaluation des émissions des désodorisants non combustibles en conditions maîtrisées

Afin de déterminer les facteurs d'émissions spécifiques des composés volatils et particulaires émis par ces désodorisants non combustibles, un protocole d'évaluation robuste a été développé. Pour répondre à cet objectif, une étude de robustesse a été menée sur différents paramètres intégrés au protocole d'évaluation des émissions. Ces paramètres ainsi que leurs valeurs ont été déterminés à partir (i) de la littérature et (ii) de travaux réalisés antérieurement sur les bougies et les encens notamment, en les adaptant spécifiquement aux désodorisants non combustibles. Des scénarios d'exposition et d'utilisation spécifiques de ces désodorisants non combustibles ont également proposés. Ainsi, un protocole d'évaluation robuste et fiable associant des scénarios de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été mis au point.

A partir de ces essais, les facteurs d'émissions spécifiques des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été déterminés. L'ensemble des mesures réalisées dans des conditions maîtrisées en chambre d'essais a mis en évidence une émission systématique de composés volatils lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles considérés. L'utilisation des sprays du panel PRESSENS est également associée, en plus des émissions en COV, à des émissions importantes de particules.

Ainsi, l'évaluation des émissions volatiles et particulaires est apparue nécessaire pour renseigner concernant les composés émis et leurs niveaux de concentrations associés. Le protocole proposé dans le cadre du projet PRESSENS a permis de disposer d'un cadre robuste et réaliste pour cette évaluation.

Au cours de ces essais, il est apparu une **hétérogénéité des émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles testés** dans le cadre du panel PRESSENS, aussi bien au sein d'une même catégorie (diffuseur passif ou actif), que pour des désodorisants non combustibles de même typologie (voir chapitre 2).

Cette hétérogénéité conduit à renforcer **la nécessité d'évaluer les émissions de composés volatils par les désodorisants non combustibles afin de disposer de données pertinentes pour proposer des actions de limitation** de cette source de pollution dans les environnements intérieurs.

Evaluation des émissions des désodorisants non combustibles en conditions réalistes

Dans un troisième temps, les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS ont été testés dans une pièce à échelle 1 (chambre de 30 m³) de la maison expérimentale MARIA, dans **des conditions réalistes** (température, humidité, renouvellement d'air, respect des consignes d'utilisation et de mise en œuvre). Chaque essai a été répété a minima deux fois en suivant rigoureusement le même protocole.

Des mesures off-line normées et on-line ont été réalisées afin de suivre les concentrations des principaux COV et composés carbonylés, ainsi que des particules (de 10 nm à 32 µm).

Cette campagne de mesures in situ a permis de disposer d'un nombre significatif de **données d'émissions pour renseigner l'exposition réelle des occupants aux polluants volatils et particulaires liés à ces désodorisants non combustibles**, avec en particulier des informations sur la nature, le type de polluants émis et leurs niveaux de concentrations, la variabilité des émissions entre les différents désodorisants non combustibles testés et la stabilité des émissions pour un même diffuseur.

Les résultats mettent en évidence **une grande disparité entre les désodorisants non combustibles testés** (dynamique d'émission et niveaux de concentrations), ainsi qu'**une hétérogénéité des résultats de mesures lors de la répétition des essais pour un même désodorisant non combustible**, rendant ces résultats difficilement généralisables.

Au vu de ces essais, il apparaît qu'une indication du fabricant devrait préciser que **la première utilisation du désodorisant non combustible**, notamment de type diffuseurs actifs (i.e., produit neuf) **est beaucoup plus émissive** que les suivantes. Il conviendrait donc de recommander au consommateur de ne pas utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé une première fois soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée.

Evaluation des expositions et des risques sanitaires liés aux concentrations mesurées dans la maison expérimentale MARIA

Pour finir, une ERS a été mise en œuvre, sur la base (i) d'un sondage national sur les usages et (ii) des concentrations mesurées dans la maison expérimentale MARIA. Les résultats détaillés du sondage ont permis de construire **plusieurs scénarios d'exposition génériques**, permettant de caractériser les expositions chroniques :

- le scénario n°1, dont l'objectif est de caractériser une **utilisation courante** dont se trouvant dans la moyenne des pratiques et des caractéristiques observées ;
- le scénario n°2, dont l'objectif est de caractériser une utilisation correspondant à des pratiques et des caractéristiques environnementales qui **majorent raisonnablement l'exposition moyenne**.

Sur la base de ces scénarios et des concentrations mesurées dans la maison MARIA, des expositions chroniques et des expositions de courte durée (« aiguës ») ont été estimées pour chaque substance émise par chaque désodorisant testé.

Il en ressort que **les expositions chroniques les plus courantes, correspondant au scénario d'exposition n°1, peuvent être considérées comme non préoccupantes**, au regard des substances considérées et des hypothèses de l'étude. Cette conclusion de l'étude est également appuyée par le fait que les mesures en conditions réalistes incluent les substances d'origine secondaire.

Pour le scénario d'exposition n°2, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus ce qui suggère un besoin de diminuer les expositions chroniques les plus élevées. Les substances concernées pouvant être considérées, pour les risques chroniques, comme les substances d'intérêt prioritaires sont : l'acroléine, le benzène et le limonène.

Concernant les **expositions de courte durée, plusieurs dépassements de valeurs repères ont été obtenus, ce qui suggère un besoin de diminuer les expositions aiguës les plus fortes**. Les substances concernées peuvent être considérées, pour les risques aigus, comme les substances d'intérêt prioritaires : acroléine et formaldéhyde.

Sur la base de l'ensemble des indicateurs de risques calculés, les substances contribuant le plus aux risques **sont l'acroléine, le formaldéhyde, le benzène et le limonène**. Ces substances présentent donc un **intérêt prioritaire du point de vue sanitaire**, dans une démarche de gestion des risques. De plus, les

particules émises par certains désodorisants non combustibles ont conduit à de fortes expositions. Par exemple, concernant les particules fines PM_{2.5}, plusieurs sprays ont été associés à des expositions supérieures à 100 µg/m³.

En outre, d'autres aspects suggèrent que **diminuer les expositions chroniques** de la population générale, dans son ensemble, pourrait aussi s'inscrire dans une logique de prudence :

- les substances d'intérêt prioritaire, mentionnées ci-dessus, ne sont pas spécifiques aux émissions de désodorisants non-combustibles. D'autres sources se trouvent classiquement dans les environnements intérieurs : produits ménagers, meubles, encens, bougies... **Les émissions de ces différentes sources peuvent se cumuler ;**
- **les toxicités de toutes les substances détectées dans les émissions ne sont pas documentées.** Dans le cas des désodorisants non combustibles testés dans PRESSENS, environ 28 % des substances détectées ont pu être caractérisées par une valeur de toxicité. Il s'agit d'une des limites de la présente étude ;
- **la toxicité des mélanges de substances est difficilement évaluable ;** elle fait l'objet de travaux de recherche. Or, dans le cadre de cette étude, environ 250 COV ont été mesurés, dont certains sont connus pour produire des composés secondaires, par réaction avec d'autres substances présentes dans l'air intérieur....

Enfin, plusieurs des désodorisants non combustibles testés comprenaient des **huiles essentielles**. Celles-ci peuvent être utilisées avec divers systèmes de diffusion, dans le cadre de pratiques de soins non-conventionnelles et en milieu hospitalier. Dans l'objectif d'évaluer la balance bénéfices / risques de l'utilisation d'huiles essentielles, les risques sanitaires associés à certaines pratiques pourront être mis en regard des effets thérapeutiques démontrés.

Le projet de recherche ESSENTIEL [24] s'est intéressé spécifiquement à l'émissions de terpènes par des diffuseurs d'huiles essentielles (continus et transitoires) afin notamment de renseigner la dynamique d'émissions des COV lors de leur utilisation. L'application des scénarios d'exposition génériques, définis lors de la démarche ERS dans le cadre du projet PRESSENS, aux données d'émissions réalistes obtenues au cours du projet ESSENTIEL pourrait être une valorisation intéressante des résultats de chacun des projets, afin de fournir une analyse sanitaire pertinente pour les diffuseurs d'huiles essentielles testés.

7. Recommandations

Proposer de bonnes pratiques d'utilisation des désodorisants non combustibles

Les mesures réalisées dans des conditions maîtrisées en chambre d'essais mettent en évidence l'émission systématique de composés volatils lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles étudiés. L'utilisation de certains sprays du panel PRESSENS est également associé, systématiquement, en plus des émissions en COV, à des émissions importantes de particules. Ainsi, dans une logique de meilleure gestion de la qualité de l'air intérieur par un contrôle des sources, il apparaît donc important **de limiter au maximum l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs**, afin de ne pas introduire de sources de pollutions supplémentaires.

Parmi les leviers d'actions qu'il serait pertinent de mettre en place, la définition et la diffusion de bonnes pratiques d'utilisation apparaissent également comme essentielle. Les recommandations suivantes pourraient alors être proposées :

- Privilégier des **pièces de grand volume et bien ventilée** lors de l'utilisation des désodorisants non combustibles ;
- **Privilégier un usage modéré** : éviter d'utiliser plusieurs désodorisants non combustibles simultanément, limiter la fréquence d'utilisation (en particulier, éviter l'utilisation continue), privilégier les désodorisants non combustibles les moins émissifs (le cas échéant, avec un étiquetage portant sur les niveaux d'émission), etc. ;
- **Éviter l'inhalation directe** des émissions ;
- **Éviter l'utilisation lorsque des personnes sensibles se trouvent dans la pièce** : bébés, enfants, personnes souffrant de troubles respiratoires, femmes enceintes, etc.
- **Éviter d'utiliser un désodorisant non combustible dans une pièce à vivre ou de sommeil sans l'avoir au préalable utilisé une première fois** soit en extérieur, soit dans une pièce très ventilée.

Evaluer les émissions des désodorisants non combustibles

L'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles apparaît **nécessaire pour renseigner sur les composés émis ainsi que sur leurs niveaux de concentrations associés**. Le protocole proposé dans le cadre du projet PRESSENS permet de disposer d'un cadre robuste et pertinent pour cette évaluation.

Au cours des essais d'évaluation des émissions des désodorisants non combustibles, il est apparu **une hétérogénéité des émissions de composés volatils et particulaires**, aussi bien sein d'une même catégorie, mais également pour des désodorisants non combustibles de même typologie. Il conviendra donc de prendre en compte cette particularité lors de la mise en place d'une réglementation basée sur un étiquetage en lien avec leurs émissions. Cette hétérogénéité, qui semble caractériser les émissions de plusieurs de ces désodorisants non combustibles, conduit **à renforcer la nécessité de les évaluer afin de disposer de données pertinentes** pour proposer des actions de limitation de cette source de pollution des environnements intérieurs.

Les observations issues de la phase expérimentale menée en conditions maîtrisées ont été confirmées par les essais conduits en échelle 1 et dans des conditions réalistes d'utilisation (notamment respect du mode d'emploi).

Informer les utilisateurs de désodorisants non combustibles

La compilation des données de composition issues (i) des fabricants et (ii) des analyses menées en laboratoire sur la composition liquide et la fraction organique volatilisable, des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS, montre que les **informations fournies par les fabricants au consommateur sont trop parcellaires**. En effet, elles renseignent peu sur les émissions induites par l'utilisation des désodorisants non combustibles en conditions réalistes. Aussi, il conviendrait de recommander aux fabricants de **réaliser une analyse à la fois de la composition liquide mais également de la fraction organique volatilisable** afin de présenter des indications fiables et pertinentes au consommateur.

Pour mettre en œuvre une diminution des expositions liées aux désodorisants non combustibles, **plusieurs mesures de gestion des risques peuvent être envisagées** au regard des conclusions de l'ERS. En particulier, les **actions d'information de la population générale** pourraient être renforcées, notamment sur :

- L'importance d'aérer les pièces des bâtiments, pendant 10 minutes, au moins une fois par jour, été comme hiver [1, 140-143]. En complément, dans le cas d'utilisations ponctuelles, de désodorisants non combustibles, une aération pourrait être recommandée une fois que l'expérience sensorielle recherchée est achevée ;
- Les risques potentiels associés aux substances qui peuvent être émises par les désodorisants non combustibles.

Proposition d'un étiquetage réglementaire basé sur les émissions des désodorisants non combustibles

Un **système d'étiquetage d'informations basé sur les émissions des désodorisants non combustibles** pourrait être un moyen pertinent pour diffuser ce type d'informations. Cet étiquetage associerait (i) le protocole d'évaluation des émissions robuste développé dans le cadre du projet PRESSENS et (ii) les substances d'intérêt identifiées par les résultats de l'ERS également réalisée au cours du projet PRESSENS. Cet étiquetage pourrait donc permettre, concrètement, d'abaisser le niveau d'émissions des désodorisants non combustibles mis sur le marché.

La forte variabilité des émissions mesurées suggère qu'il est possible : (i) D'élaborer un étiquetage discriminant qui fournirait aux acheteurs des informations permettant de diminuer significativement leur exposition ; (ii) Pour les fabricants, de réduire les émissions des désodorisants non combustibles les plus émissifs.

Réglementer la mise sur le marché des désodorisants non combustibles les plus émissifs

La faisabilité de réglementer la mise sur le marché des désodorisants non combustibles les plus émissifs serait également pertinente. Ce type d'action, qui s'est avéré délicat à mettre en pratique pour d'autres produits de consommation (avec un certain succès pour les produits de construction ; toujours en attente pour les produits d'ameublement, alors que l'action est inscrite dans la loi depuis près de 10 ans), pourrait

débuter par **étudier la pertinence de réglementer la présence de certaines substances dans la composition des désodorisants non combustibles.**

Cohérence des mesures de gestion proposées

Ces propositions de mesures de gestion font écho aux travaux pilotés par le ministère en charge de l'environnement, portant sur la maîtrise des expositions liées aux désodorisants combustibles [184]. En particulier, le décret n° 2017-946 [185] rend obligatoire un affichage d'information sur les emballages des produits désodorisants combustibles, comprenant des pictogrammes. Cet affichage met en avant deux messages de précaution : (i) « Ventiler la pièce après utilisation » ; (ii) « Éviter d'inhaler directement la fumée ». Les dispositions de ce décret sont entrées en vigueur au 1^{er} janvier 2019 ; une extension aux désodorisants non combustibles pourrait être envisagée.

De la même façon, dans son avis sur un projet de décret relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour les utilisateurs [186], l'Anses a notamment mentionné que :

- « la démarche visant à indiquer aux consommateurs les informations de sécurité lors de l'utilisation ne peut constituer qu'une première étape d'information de l'utilisateur, [...] un étiquetage relatif aux émissions de ces produits doit être mis en œuvre à moyen terme » ;
- sans mesures de gestion des risques complémentaires, une unique « diffusion d'informations de sécurité relatives à l'usage des produits reporte sur les consommateurs la responsabilité finale de l'exposition et la charge de s'en protéger ».

Perspectives

Par ailleurs, il est à noter que les désodorisants non-combustibles peuvent émettre **d'autres types de substances** dont notamment des phtalates, des substances sensibilisantes et des substances à l'état nanoparticulaire. **Les effets liés à ces substances sont aujourd'hui imparfaitement connus.** L'approfondissement des connaissances toxicologiques portant sur les substances dont les effets n'ont pas pu être caractérisés par une VTR constitue également un axe prioritaire d'étude.

A ce stade des connaissances, **une logique de prudence invite à diminuer les expositions pour les personnes les plus fragiles, telles que les femmes enceintes, les jeunes enfants et les personnes asthmatiques.**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Loi n° 2009-967 du 3 août 2009 de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement (1)
2. Ministère des solidarités et de la santé. 2013. Plan national santé environnement (PNSE3) 2015-2019. <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/les-plans-nationaux-sante-environnement/article/plan-national-sante-environnement-pnse3-2015-2019>
3. Ministère des solidarités et de la santé. 2013. Plan d'actions sur la Qualité de l'Air Intérieur. https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/Plan_Qualite_de_l_air_interieur_octobre_2013.pdf
4. Nicolas M., Chiappini L., D'Anna B. 2013. Activités domestiques et qualité de l'air intérieur : émissions, réactivité et produits secondaires. Rapport final du projet de recherche ADOQ. APR PRIMEQUAL, 150p.
5. Nicolas M., Karr G., Real E., Maupetit F. 2019. Impact des produits d'entretien sur la qualité de l'air intérieur : Définition d'un protocole d'essais simple et harmonisé pour l'évaluation des émissions en composés volatils. Rapport final du projet de recherche PEPS. APR CORTEA Ademe, 164p.
6. AFNOR. 2015. NF EN 16738. Sécurité des émissions des désodorisants combustibles - Méthodes d'essais.
7. AFNOR. 2015. NF EN 16739. Sécurité des émissions de désodorisants à combustion - Méthodologie de l'évaluation des résultats d'essais et applications des limites d'émission recommandées.
8. AFNOR. 2015. NF EN 16740. Sécurité des émissions des désodorisants à combustibles - Informations de sécurité pour l'utilisateur.
9. Garnier P., Quivet E., Karr G., Albinet A., Maupetit F., Nicolas M., 2016. Evaluation of volatile organic compounds and particulate emissions of incense and candle in emission test chamber: impact of test parameters. Paper n°573. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium. Garnier et al., 2016
10. Karr G., Albinet A., Buiron D., Quivet E., Maupetit F., Nicolas M. 2016. Scented candles and incenses as indoor air fresheners: health risk assessment from real emission measurements. Paper n°435. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium.
11. Nicolas M., Buiron D., Quivet E., Albinet A., Karr G., Maupetit F. 2016. Field campaign characterization of incense and candle emissions in indoor environments (EBENE project). Paper n°414. The 14th International Conference of Indoor Air Quality and Climate, Ghent, Belgium.
12. Nicolas M., Quivet E., Karr G., Real E., Buiron D., Maupetit F. 2017. Exposition aux polluants émis par les bougies et les encens dans les environnements intérieurs : Emissions et risques sanitaires associés. Rapport final du projet de recherche EBENE, 98p.
13. Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils
14. Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils
15. Arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2
16. Arrêté du 28 mai 2009 modifiant l'arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mise sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2
17. AFNOR. 2006. NF EN ISO 16000-9 : Air intérieur – Partie 9 : Dosage de l'émission de composés organiques volatils de produits de construction et d'objets d'équipement – Méthode de la chambre d'essai d'émission.
18. AFNOR. 2012. NF ISO 16000-6 : Air intérieur – Partie 6 : Dosage des composés organiques volatils dans l'air intérieur des locaux et enceintes d'essai par échantillonnage actif sur le sorbant Tenax TA, désorption thermique et chromatographie en phase gazeuse utilisant MS ou MS-FID.
19. AFNOR. 2011. NF ISO 16000-3 : Air intérieur – Partie 3 : Dosage du formaldéhyde et d'autres composés carbonylés dans l'air intérieur et l'air des chambres d'essai – Méthode par échantillonnage actif.
20. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2015. Utilisation d'encens et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires, substances d'intérêt, bonnes pratiques. Rapport d'étude DRC-14-144018-06268CISO 16739, 02015
21. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Grammont V. « Données disponibles relatives aux émissions des produits de consommation courante dans l'environnement intérieur ». DRC-09-104121-01494B. 2009

22. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2010. Rapport pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE) « Rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation. Classement en fonction des expositions dans l'air intérieur » DRC-10-109458-04047B
23. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2011. Rapport pour le Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie (MEDDE). « Deuxième rapport préliminaire en vue de l'étiquetage des produits de grande consommation. Classement des bougies et des encens en fonction des émissions de composés organiques volatils et de particules dans l'air intérieur » DRC-11-115731-06669B
24. Thevenet F., Verrielle M., Nicolas M., Angulo-Milhem S., Harb P., Caron F. 2021. Huiles essentielles et qualité de l'air intérieur : Emissions et transformations de composés organiques volatils terpéniques issus de produits ménagers – Projet ESSENTIEL. <https://librairie.ademe.fr/>
25. Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). 2006.
26. Rohr A.C., Wilkins C.K., Clausen P.A., Hammer M., Nielsen G.D., Wolkoff P., Spengler J.D. 2002. Upper airway and pulmonary effects of oxidation products of (+)-alpha-pinene, d-limonene, and isoprene in BALB/c mice. *Inhalation Toxicology*, 14, 663-684
27. IARC, 2004. Overall evaluation of carcinogenicity to humans, formaldehyde (50-00-0). The IARC monographs series 88
28. Nazaroff W.W., Weschler C.J. 2004. Cleaning products and air fresheners: exposure to primary and secondary air pollutants. *Atmospheric Environment*, 38, 2841-2865
29. Wolkoff P., Clausen P.A., Larsen K., Hammer M., Larsen S.T., Nielsen G.D. 2008. Acute airway effects of ozone-initiated d-limonene chemistry: Importance of gaseous products. *Toxicology Letters*, 181, 171-176
30. Uhde E., Salthammer T. 2007. Impact of reaction products from building materials and furnishings on indoor air quality – A review of recent advances in indoor chemistry. *Atmospheric Environment*, 41, 3111-3128
31. Gehin E., Ramalho O., Kirchner S. 2008. Size distribution and emission rate measurement of fine and ultrafine particle from indoor human activities. *Atmospheric Environment*, 42, 8341-8352
32. Maupetit F., Squinazi F. 2009. Caractérisation des émissions de benzène et de formaldéhyde lors de la combustion d'encens et de bougies d'intérieur : élaboration de scénarios d'exposition et conseils d'utilisation. *Environnement Risques et Santé*, 8, 109-118
33. Ji X., Le Bihan O., Ramalho O., Mandin C., D'Anna B., Martinon L., Nicolas M., Bard D., Parion J.-C. 2010. Characterization of particles emitted by incense burning in an experimental house. *Indoor Air* 20, 147–158
34. Manoukian A., Quivet E., Temime-Roussel B., Nicolas M., Maupetit F., Wortham H. 2013. Emission characteristics of air pollutants from incense and candle burning in indoor atmospheres. *Environmental Science and Pollution Research* 20, 4659-4670
35. Manoukian A., Buiron D., Temime-Roussel B., Wortham H., Quivet E. 2016. Measurements of VOC/SVOC emission factors from burning incenses in an environmental test chamber: influence of temperature, relative humidity, and air exchange rate. *Environmental Science and Pollution Research* 23 (7), 6300-6311
36. Maupetit F., Squinazi F. 2009
37. Vesin A., Quivet E., Temime-Roussel B., Wortham H. 2013., Indoor transfluthrin concentration levels during and after the application of electric vaporizers using a Proton-Transfer-Reaction Mass Spectrometer. *Atmospheric Environment* 65, 123-128
38. Vesin A., 2013. Suivi temporel des niveaux de concentration en atmosphère intérieure lors de l'application d'insecticides ménagers. Thèse de doctorat. Aix-Marseille Université
39. EPHECT. <https://sites.vito.be/sites/ephect/Pages/home.aspx>
40. Bartzis J., Wolkoff P., Stransger M., Efthimiou G., Tolis E.I., Maes F., Norgaard A.W., Ventura G., Kalimeri K.K., Goelen E., Fernandes O. 2015. On organic emissions testing from indoor consumer products' use. *Journal of hazardous materials*, 285, 37-45
41. Uhde E., Schultz N. 2015. Impact of room fragrance products on indoor air quality. *Atmospheric Environment* 106, 492-502
42. Berger-Preiß E., Koch W., Gerling S., Kock H., Appel K.E., 2009. Use of biocidal products (insect sprays and electro-vaporizer) in indoor areas – Exposure scenarios and exposure modeling. *Int. J. Hyg. Environ. Health* 212, 505–518

42. Nicolas M., Maupetit F. 2016. Caractérisation des émissions de polluants volatils par des désodorisants d'intérieur non combustibles. Rapport final SC-17-017 pour la DGPR
43. CEN, 2013. Emission safety of combustible air refreshers – Test methods. CEN/TC 421 N46.
44. Ribéron J., O'Kelly P. 2002. An experimental toll at the service of indoor air quality in housing sector. Proceedings of the 9th International Conference of Indoor Air Quality and Climate Monterey, California
45. Nicolas M. 2006. Ozone et qualité de l'air intérieur: interactions avec les produits de construction et de décoration. Thèse de doctorat de l'Université Paris 7
46. Nicolas M., Ramalho O., Maupetit F. 2007. Reactions between ozone and building products: Impact on primary and secondary emissions. *Atmospheric Environment*, 41, 3129-3138
47. AFNOR. 2017. Produits de construction : évaluation de l'émission de substances dangereuses - Détermination des émissions dans l'air intérieur
48. National Research Council (NRC) - Committee on the institutional means for assessment of risks to public health. Risk assessment in the Federal government: managing the process The National Academies Press 1983
49. National Research Council - Committee on Improving Risk Analysis Approaches Used by the U.S. EPA - Board on Environmental Studies and Toxicology - Division on Earth and Life Studies. Science and Decisions: Advancing Risk Assessment. The National Academies Press 2009
50. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Évaluation de l'état des milieux et des risques sanitaires - Démarche intégrée pour la gestion des émissions de substances chimiques par les installations classées - Impact des activités humaines sur les milieux et la santé. 2013. Ineris - DRC - 12 - 125929 - 13162B
51. Dab W. Santé et environnement. Que sais-je ? n°3771. 2007
52. Bard D. Principes de l'évaluation des risques pour la santé publique liés aux expositions environnementales. *Rev. épidémiol. santé publique*, 1995. 43: p. 423-431
53. Institut de veille sanitaire (InVS) - aujourd'hui intégré à Santé publique France. Guide pour l'analyse du volet sanitaire des études d'impact. 2000
54. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Évaluation des risques sanitaires dans les études d'impact des ICPE – substances chimiques. 2003
55. Trantallidi M. et al. EPHECT III: Health risk assessment of exposure to household consumer products. *Science of the Total Environment*, 2015. 536: p. 903-913
56. Marichalar P. et al. Dictionnaire critique de l'expertise: santé, travail, environnement. Presses de Sciences Po 2015
57. Boudia S, Demortain D. La production d'un instrument générique de gouvernement. *Gouvernement et action publique*, 2014. (3): p. 33-53
58. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Karr G. Utilisation d'encens et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires, substances d'intérêt, bonnes pratiques. DRC-14-144018-06268C. 2015
59. Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, Ministère des affaires sociales, de la santé et des droits des femmes, 2014. Note d'information n° DGS/EA1/DGPR/2014/307 du 31 octobre 2014 relative aux modalités de sélection des substances chimiques et de choix des valeurs toxicologiques de référence pour mener les évaluations des risques sanitaires dans le cadre des études d'impact et de la gestion des sites et sols pollués. http://circulaires.legifrance.gouv.fr/pdf/2014/11/cir_38905.pdf
60. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Valeurs toxicologiques de référence (VTR). <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-toxicologiques-de-r%C3%A9f%C3%A9rence-vtr> [Consulté le : 10/08/2020]
61. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Liste des Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur (VGAi). <https://www.anses.fr/fr/content/valeurs-guides-de-qualit%C3%A9-d%E2%80%99air-int%C3%A9rieur-vgai>
https://www.anses.fr/fr/system/files/Tableau_VGAi_Juillet2020.pdf 07/2020 [Consulté le : 26/10/2020]
62. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Proposition de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Méthode d'élaboration de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. 2016. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2010SA0307Ra.pdf>
63. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Tableau des VTR construites ou sélectionnées par l'Anses

https://www.anses.fr/system/files/Affichage_VTR_VF_aout2020.XLSX 04/08/2020 [Consulté le : 05/10/2020]

64. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Portail Substances Chimiques - Fiches de données toxicologiques et environnementales et fiches « choix de VTR ». <http://www.ineris.fr/substances/fr/page/21> [Consulté le : 29/09/2020]

65. Bisson M. Choix de valeurs toxicologiques de référence (VTR) - Méthodologie appliquée par l' Ineris. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), 2016. <https://www.ineris.fr/fr/choix-valeurs-toxicologiques-reference-vtr-methodologie-appliquee-ineris>

66. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Bilan des choix de VTR disponibles sur le portail des substances chimiques de l' Ineris - Mise à jour fin 2019. 2020 https://substances.ineris.fr/uploads/content/Bilan_choix_VTR_2019_mise_en_ligne.pdf

67. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Expertise en appui à l'étiquetage des produits d'ameublement. Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. 2015. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2013sa0040Ra.pdf>

68. Commission Européenne. EU-LCI Working Group. https://ec.europa.eu/growth/sectors/construction/eu-lci_en [Consulté le : 29/09/2020]

69. Commission Européenne. Agreed EU-LCI values – substances with their established EU-LCI values and summary fact sheets. 2019. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/33642/attachments/1/translations/en/renditions/native12/2019> [Consulté le : 23/10/2020]

70. Joint Research Center - Institute for Health and Consumer Protection. EUROPEAN COLLABORATIVE ACTION URBAN AIR, INDOOR ENVIRONMENT AND HUMAN EXPOSURE Harmonisation framework for health based evaluation of indoor emissions from construction products in the European Union using the EU-LCI concept. 2015. <https://publications.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/d3d78842-bc95-4984-a2fe-2317731324bd>

71. Commission Européenne. EU-LCI value facts and information document. 2018. <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/30841/attachments/6/translations/en/renditions/native>

72. Ausschuss für Innenraumrichtwerte (soit en français, Comité pour des valeurs guides de l'intérieur). Guide values (I and II, in milligrams per cubic meter of air) for the concentration of specific substances in indoor air. 2019. https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/4031/bilder/dateien/0_ausschuss_fur_innenraumrichtwerte_empfehlungen_und_richtwerte_20190128_en_003.pdf 01/2019 [Consulté le : 23/10/2020]

73. German Environment Agency (Umweltbundesamt – UBA). German Committee on Indoor Guide Values. 2018. <https://www.umweltbundesamt.de/en/topics/health/commissions-working-groups/german-committee-on-indoor-guide-values#volatile-organic-compounds> 24/04/2018 [Consulté le : 29/09/2020]

74. Agence Française de Sécurité Sanitaire, de l'Environnement et du Travail (Afsset), aujourd'hui Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Valeurs guides de qualité d'air intérieur - particules. 2010. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004etVG007Ra.pdf>

75. Organisation mondiale de la santé (World Health Organization). WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants. 2010. Ref. 9289002131. https://www.euro.who.int/_data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

76. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris). Utilisation de désodorisants non-combustibles et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires, substances d'intérêt, bonnes pratiques. 2020. <https://www.ineris.fr/sites/ineris.fr/files/contribution/Documents/Rapport-Ineris-20-200840-1997302-v1-MTES-BSE DNC complet.pdf>

77. Dereumeaux C et al. Synthèse des travaux du Département santé environnement de l'Institut de veille sanitaire sur les variables humaines d'exposition. Institut de veille sanitaire (InVS) - aujourd'hui Santé publique France, 2015.

78. Institut de veille sanitaire (InVS) - aujourd'hui intégré à Santé publique France. Variables humaines d'exposition. <http://invs.santepubliquefrance.fr/fr./layout/set/print/Dossiers-thematiques/Environnement-et-sante/Methode-d-evaluation-des-risques-sanitaires/Programmes-de-developpement-methodologique-en-evaluation-des-risques-sanitaires> [Consulté le : 15/01/2018]

79. Dimitroulopoulou C et al. EPHECT II: Exposure assessment to household consumer products. Science of the Total Environment, 2015. 536: p. 890-902.

80. Dimitroulopoulou C et al. EPHECT I: European household survey on domestic use of consumer products and development of worst-case scenarios for daily use. *Sci Total Environ*, 2015. 536: p. 880-889
81. Biesebeek JDt. General Fact Sheet - General default parameters for estimating consumer exposure - Updated version 2014. Institut National de Santé Publique des Pays-Bas (RIVM), 2014. RIVM report 090013003/2014
82. Cohen A et al. Clearing the Air: Hidden Hazards of Air Fresheners. *Natural Resources Defense Council* 2007
83. Rudel RA, Perovich LJ. Endocrine disrupting chemicals in indoor and outdoor air. *Atmospheric Environment*, 2009. 43(1): p. 170-181
84. Zota AR et al. Self-reported chemicals exposure, beliefs about disease causation, and risk of breast cancer in the Cape Cod Breast Cancer and Environment Study: a case-control study. *Environmental Health*, 2010. 9(1): p. 40
85. Afshari A et al. Characterization of indoor sources of fine and ultrafine particles: a study conducted in a full-scale chamber. *Indoor Air*, 2005. 15(2): p. 141-150
86. Haut Conseil de la santé publique (HSCP). Recommandation de vigilance relative à la sécurité des nanoparticules d'argent. 2010. http://www.hcsp.fr/explore.cgi/hcspa20100312_nanoag.pdf
87. Agence nationale de sécurité sanitaire, de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Évaluation des risques liés aux nanomatériaux - Enjeux et mise à jour des connaissances - Avis de l'Anses - Rapport d'expertise collective. 2014
88. Lenglet R. Nanotoxiques - une enquête. ACTES SUD 2014
89. Ministère en charge de l'environnement (MTES) - Direction générale de la prévention des risques (DGPR) - Service des risques sanitaires liés à l'environnement, des déchets et des pollutions diffuses Éléments issus des déclarations des substances à l'état nanoparticulaire. Rapport d'étude 2016
90. Exemples de descriptifs de vente et de composition de désodorisants d'intérieur, mettant en avant les nanoparticules qu'ils contiennent (argent, titane...) et leurs propriétés, accompagnant des pages de vente sur Internet : https://www.alibaba.com/product-detail/Households-Air-freshener-sterilizer-Nano-TiO2_60708244527.html?spm=a2700.7724857.main07.178.28e27ad96XsXDo ; <http://chemia-drok.pl/product-detail/air-freshener-nano-protect/> ; <https://www.aliexpress.com/item/4000869505575.html> ; https://www.alibaba.com/product-detail/air-freshener-nano-tio2-photocatalyst-liquid_60720135370.html ; <https://www.amazon.fr/VE-Professional-D%C3%A9sodorisant-nanoparticules-Nano-Argent-Voiture/dp/B082311F9M> ; https://www.alibaba.com/product-detail/Eco-Friendly-Wholesale-WaxOne-Nano-Silver_62016714352.html [Consulté le : 26/10/2020]91
92. Kortenkamp A. Low dose mixture effects of endocrine disrupters and their implications for regulatory thresholds in chemical risk assessment. *Curr Opin Pharmacol*, 2014. 19: p. 105-11
93. Slama R. Le mal du dehors - L'influence de l'environnement sur la santé. Éditions Quæ 2017
94. Marano F et al. Toxique ? - Santé et environnement : de l'alerte à la décision. Buchet-Chastel 2015
95. Demeneix B. Cocktail toxique. Odile Jacob 2017
96. Demeneix B, Slama R. Endocrine Disruptors: From Scientific Evidence to Human Health Protection. *European Parliament Reports*, 2019
97. Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Perturbateurs endocriniens - Un enjeu d'envergure de la recherche. <https://www.inserm.fr/information-en-sante/dossiers-information/perturbateurs-endocriniens> 02/10/2018 [Consulté le : 27/10/2020]
98. Observatoire de la qualité de l'air intérieur (OQAI). Premier état de la contamination des logements français en composés organiques semi-volatils : pesticides, phtalates, retardateurs de flamme, etc. *Bulletin de l'OQAI* n°9, 2015
99. Delmas C et al. Mesure de la concentration aérienne de COV terpéniques (dont le limonène) selon plusieurs procédures lors de pulvérisations d'un mélange d'huiles essentielles. *Revue Française d'Allergologie*, 2016. 56(4): p. 357-363
100. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Avis et rapport de l'Anses relatif à l'élaboration de VTR aiguë et chronique par voie respiratoire pour l'acroléine (CAS n°107-02-8). 2019. <https://www.anses.fr/fr/system/files/VSR2018SA0205Ra.pdf>
101. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Mise à jour de valeurs guides de qualité d'air intérieur - Le formaldéhyde - Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. 2018. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2017SA0041Ra.pdf>

102. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Sprays et diffuseurs à base d'huiles essentielles à usage domestique. 2020. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2018SA0145Ra.pdf>
103. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Identification et analyse des différentes techniques d'épuration d'air intérieur émergentes - Avis de l'Anses et Rapport d'expertise collective. 2017. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2012SA0236Ra.pdf>
104. European Commission's Scientific Committee on Health and Environmental Risks (SCHER). Opinion on the report Emission of Chemicals by Air Fresheners. Tests on 74 Consumer Products Sold in Europe. January 2005., 2006. https://ec.europa.eu/health/archive/ph_risk/committees/04_scher/docs/scher_o_026.pdf
105. Kim S et al. Characterization of air freshener emission: the potential health effects. J Toxicol Sci, 2015. 40(5): p. 535-50
106. Singer BC et al. Indoor secondary pollutants from cleaning product and air freshener use in the presence of ozone. Atmospheric Environment, 2006. 40(35): p. 6696-6710
107. Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris), Karr G. Utilisation de produits ménagers et qualité de l'air intérieur : enjeux sanitaires liés à une séance de ménage, substances d'intérêt et bonnes pratiques. Rapport réf. DRC-19-179887-00900A 2019
108. Steinemann A. Ten questions concerning air fresheners and indoor built environments. Building and Environment, 2017. 111: p. 279-284
109. Agence Française de Sécurité Sanitaire, de l'Environnement et du Travail (Afsset), aujourd'hui Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Procédure de qualification des émissions de composés organiques volatils par les matériaux de construction et produits de décoration - Comité d'experts spécialisés « Évaluation des risques liés aux milieux aériens » - Groupe de travail « Composés organiques volatils ». 2009. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2004et0011Ra-2.pdf>
110. Missia D et al. Literature review on, product composition, emitted compounds and emissions rates and health end points from consumer products. University of Western Macedonia (UOWM), 2012
111. Millet F. Le grand guide des huiles essentielles. Marabout 2015
112. Couic-Marinier F. Se soigner avec les huiles essentielles. Solar 2016
113. Festy D. Mes 1000 ordonnances huiles essentielles. Leduc.S 2017
114. Steflitsch W. Aromatherapy-From Traditional and Scientific Evidence into Clinical Practice. Deutsche medizinische Wochenschrift (1946), 2017. 142(25): p. 1936-1942
115. Giordani R et al. Antifungal effect of various essential oils against Candida albicans. Potentiation of antifungal action of amphotericin B by essential oil from Thymus vulgaris. Phytotherapy Research, 2004. 18(12): p. 990-995
116. Huang J et al. Antibacterial activity of Artemisia asiatica essential oil against some common respiratory infection causing bacterial strains and its mechanism of action in Haemophilus influenzae. Microbial pathogenesis, 2018. 114: p. 470-475
117. Kaloustian J et al. Étude de six huiles essentielles: composition chimique et activité antibactérienne. Phytothérapie, 2008. 6(3): p. 160-164
118. Bassolé IHN, Juliani HR. Essential oils in combination and their antimicrobial properties. Molecules, 2012. 17(4): p. 3989-4006
119. Silva N et al. Antimicrobial activity of essential oils from Mediterranean aromatic plants against several foodborne and spoilage bacteria. Food Science and Technology International, 2013. 19(6): p. 503-510
120. Carson C et al. Melaleuca alternifolia (tea tree) oil: a review of antimicrobial and other medicinal properties. Clinical microbiology reviews, 2006. 19(1): p. 50-62
121. Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM). Huiles essentielles médicinales. Pharmacopée française. 2012. https://ansm.sante.fr/var/ansm_site/storage/original/application/6f008cf948d62a32c47eb547267c2e78.pdf
122. Agence nationale de sécurité du médicament et des produits de santé (ANSM). Qu'est ce que les huiles essentielles ? [https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/\(offset\)/3](https://www.ansm.sante.fr/Activites/Medicaments-a-base-de-plantes/Les-huiles-essentielles/(offset)/3) [Consulté le : 11/10/2020]

123. Ministère en charge de la santé. Les pratiques de soins non conventionnelles. <https://solidarites-sante.gouv.fr/soins-et-maladies/qualite-des-soins-et-pratiques/securite/article/les-pratiques-de-soins-non-conventionnelles> 13/06/2017 [Consulté le : 18/12/2019]
124. Institut national de la santé et de la recherche médicale (Inserm). Expertise collective - Maladie d'Alzheimer. Enjeux scientifiques, médicaux et sociétaux. Les éditions Inserm 2007
125. Université Rennes 1 - Faculté des Sciences pharmaceutiques et biologiques de Renne. Diplôme d'université aromathérapie - Acquérir les connaissances fondamentales concernant les huiles essentielles et développer les compétences relatives à leur utilisation. <https://pharma.univ-rennes1.fr/diplome-duniversite-aromatherapie> [Consulté le : 18/12/2019]
126. Université Paris Descartes. DIU Phytothérapie, aromathérapie: données actuelles, limites. https://odf.parisdescartes.fr/fr/formations/feuilleter-le-catalogue/sciences-technologies-sante-STs/diplome-d-universite-1/diu-phytotherapie-aromatherapie-donnees-actuelles-limites-FU51_91.html [Consulté le : 18/12/2019]
127. Université de Montpellier. Diplôme d'université de troisième cycle de phytothérapie et d'aromathérapie. http://formations.umontpellier.fr/fr/formations/sciences-technologies-sante-STs/diplome-universite-niv-form-bac-5-UF/diplome-d-universite-de-troisieme-cycle-de-phytotherapie-et-d-aromatherapie-program-fr_rne_0341087x_pr_1373532650425.html [Consulté le : 18/12/2019]
128. Barlier L. Etat des lieux de l'utilisation des huiles essentielles au CHU d'Angers (de 2000 à 2013). 2014
129. Baudier E. Applications hospitalières des huiles essentielles en Belgique francophone. Mémoire de Master en Sciences Pharmaceutiques. 2012
130. Schieber S. Les huiles essentielles en milieu hospitalier: application dans le service de soins intensifs hématologiques de l'hôpital Pasteur de Colmar. 2013
131. Gonnin C. Utilisation clinique des huiles essentielles: exemples et discussions de pratiques hospitalières au Bade-Würtemberg (Allemagne). 2012
132. Lobstein A. Aromathérapie scientifique : préconisations pour la pratique clinique, l'enseignement et la recherche. - Consensus d'experts destiné aux professionnels de santé et aux décideurs exerçant en milieux de soins (hospitalier ou médico-social). 2018
133. Steinemann A. Fragranced consumer products: exposures and effects from emissions. Air Quality, Atmosphere & Health, 2016. 9(8): p. 861
134. Caress SM, Steinemann AC. Prevalence of fragrance sensitivity in the American population. Journal of environmental health, 2009. 71(7): p. 46-50
135. Steinemann A, Goodman N. Fragranced consumer products and effects on asthmatics: an international population-based study. Air Quality, Atmosphere & Health, 2019. 12(6): p. 643
136. Wolkoff P, Nielsen GD. Effects by inhalation of abundant fragrances in indoor air – An overview. Environment International, 2017. 101: p. 96-107
137. Basketter DA et al. Fragrance inhalation and adverse health effects: The question of causation. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2019. 104: p. 151-156
138. Pain C. Causing a stink: The truth about fragrances and your health. 2017. <https://www.newscientist.com/article/mg23431290-600-causing-a-stink-the-truth-about-fragrances-and-your-health/> [Consulté le : 20/12/2019]
139. Johnson A, Lucica E. Survey on indoor use and use patterns of consumer products in EU member states. Ipsos, 2012
140. Institut national de l'audiovisuel (INA). Publicité "Wizard Ambiance Bouquet Des Iles : Désodorisant Vaporisateur" - 1990 - <http://www.ina.fr/video/PUB3784148093>. Publicité « Air Wick les patios : désodorisant diffuseur » - 1990 - <http://www.ina.fr/video/PUB3784148061>. Publicité « Sentorette : désodorisant pour la maison » - 1988 - <http://www.ina.fr/video/PUB3784092064>. Publicité « Brise : désodorisant : senteur des îles » - 1984 - <http://www.ina.fr/video/PUB3372526031>. Publicité « Wizard air neuf / Wizard : désodorisant d'intérieur » - 1973 - <http://www.ina.fr/video/PUB3774379049>. Publicité « Pepror : désodorisant d'atmosphère » - 1970 - <http://www.ina.fr/video/PUB3212120024>. [Consulté le : 27/10/2020]
141. UFC-Que Choisir, Marchais M. Que Choisir - Sprays assainissants et désodorisants - Notre intérieur dégradé
142. UFC-Que Choisir. Dossier « Désodorisant d'intérieur ». <https://www.quechoisir.org/dossier-desodorisant-d-interieur-t287/> [Consulté le : 18/12/2019]
143. 60 millions de consommateurs. Entretenir sa maison au naturel 2017. Hors-série - N° 188

144. Simon F et al. La ventilation et l'énergie - Guide pratique pour les architectes. . Ministère de la Région wallonne - Direction générale de l'Aménagement du Territoire, du Logement et du Patrimoine, 2001. <http://hdl.handle.net/2268/19250>
145. Bourgogne bâtiment durable. La prise en compte de la circulation des flux d'air dans le bâtiment. Les cahiers de la construction durable en Bourgogne - Bâtiments performants et qualité de l'air intérieur - N°8. 2015. http://www.bourgogne-batiment-durable.fr/fileadmin/user_upload/mediatheque/fichiers_telechargeables/Cahiers/Cahiers_de_BBD_N_8_-_Batiments_performants_et_qualite_de_l_air_interieur.pdf
146. Parlement européen. Règlement (UE) n°286/2011 de la Commission du 10 mars 2011 modifiant, aux fins de son adaptation au progrès technique et scientifique, le règlement (CE) n° 1272/2008 du Parlement européen et du Conseil relatif à la classification, à l'étiquetage et à l'emballage des substances et des mélanges Texte présentant de l'intérêt pour l'EEE. OJ L 83, 30.3.2011, p. 1–53. 2011 <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/FR/TXT/?uri=CELEX%3A32011R0286>
147. Agence européenne des produits chimiques. Inventaire des classifications et des étiquetages. <https://echa.europa.eu/information-on-chemicals/cl-inventory-database>
148. Bureau européen des Unions de Consommateurs (BEUC). Emission of chemicals By air fresheners Tests on 74 consumer products sold in Europe. 2005
149. Höllbacher E et al. Emissions of indoor air pollutants from six user scenarios in a model room. Atmospheric Environment, 2017. 150: p. 389-394
150. Nørgaard AW et al. Ozone-initiated VOC and particle emissions from a cleaning agent and an air freshener: Risk assessment of acute airway effects. Environment International, 2014. 68: p. 209-218
151. Rogers RE et al. Simulated Inhalation Levels of Fragrance Materials in a Surrogate Air Freshener Formulation. Environmental Science & Technology, 2005. 39(20): p. 7810-7816
152. Singer BC et al. Cleaning products and air fresheners: emissions and resulting concentrations of glycol ethers and terpenoids. Indoor Air, 2006. 16(3): p. 179-191
153. ter Burg W et al. Assessment of the risk of respiratory sensitization from fragrance allergens released by air fresheners. 2014. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edswsc&AN=000334745300006&lang=fr&site=eds-live>; <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3109/08958378.2014.888110?needAccess=true>
154. Carrer P et al. 2013. Report on the health risk associated with emissions from household use of selected consumer products, dans EPHECT Report WP7. p. 1-136
155. Lassen C et al. Survey and health assessment of chemical substances in essential oils and fragrance oils. Danish Environmental Protection Agency, 2008. <https://www2.mst.dk/udgiv/publications/2008/978-87-7052-745-3/pdf/978-87-7052-746-0.pdf>
156. Duque A et al. 2016. The air fresheners influence on the quality of the air—cross-sectional study, dans Occupational Safety and Hygiene IV. CRC Press. p. 399-404
157. Kim J-H et al. Risk assessment to human health: Consumer exposure to ingredients in air fresheners. Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2018. 98: p. 31-40.
158. Spruyt M et al. 2006. Influence of Air Fresheners on the Indoor Air Quality, dans VITO Rapport 2006/MIM/R/032
159. Jinno H et al. [Impact of air fresheners and deodorizers on the indoor total volatile organic compounds]. Kokuritsu Iyakuhin Shokuhin Eisei Kenkyusho Hokoku, 2007. (125): p. 72-8
160. Basketter D, Kimber I. Fragrance sensitizers: Is inhalation an allergy risk? Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2015. 73(3): p. 897-902
161. Gallant MJ, Ellis AK. Prenatal and early life exposure to indoor air-polluting factors and allergic sensitization at 2 years of age. Ann Allergy Asthma Immunol, 2019
162. North ML et al. The Kingston Allergy Birth Cohort: Exploring parentally reported respiratory outcomes through the lens of the exposome. Annals of Allergy, Asthma & Immunology, 2017. 118(4): p. 465-473
163. Skurić Z et al. Effects of aerosols in common use on the ventilatory capacity of the lung. Internationales Archiv für Arbeitsmedizin, 1975. 34(2): p. 137
164. Akdag M et al. Does usage of a room air freshener affect the nasal mucosa? American Journal of Rhinology & Allergy, 2014. 28(6): p. e202
165. Umukoro S et al. Neurobehavioral Effects of Prolonged Exposure to Solid Air Freshener in Mice. Iranian Journal of Toxicology, 2019. 13(3): p. 45

166. Kwon JT et al. Cytotoxic effects of air freshener biocides in lung epithelial cells. *Nat Prod Commun*, 2013. 8(9): p. 1301-4
167. Yuningtyaswari, Dwi SA. The Effects of Air Freshener Exposure at an Early Age on Histological White Rat (*Rattus norvegicus*) Liver Cells. *AIP Conference Proceedings*, 2016. 1744(1): p. 020064-1-020064-4
168. Chemical in Air Fresheners May Reduce Lung Function [cité dans Terry, PB. *Lung Disorders*. 2007. The Johns Hopkins White Papers]. *Environmental Health Perspectives*, 2006. 114: p. 1210
169. Anderson EL et al. *Risk Assessment and Indoor Air Quality*. CRC Press 2018.
170. Finn S. *Environmental Health Literacy*. Springer 2018
171. Kishi R et al. *Indoor Environmental Quality and Health Risk toward Healthier Environment for All*. Springer
172. Koren H. *Best practices for environmental health: environmental pollution, protection, quality and sustainability*. Routledge 2017
173. Morawska L et al. Indoor aerosols: from personal exposure to risk assessment. *Indoor Air*, 2013. 23(6): p. 462-487
174. Steinemann A. *Fragranced consumer products: sources of emissions, exposures, and health effects in the UK*. *Air Quality Atmosphere and Health*, 2018. 11(3): p. 253-258
175. Steinemann A. *Fragranced consumer products: sources of emissions, exposures, and health effects in the UK*. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2018. 11(3): p. 253
176. Steinemann A. *Fragranced consumer products: effects on asthmatics*. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2018. 11(1): p. 3
177. Steinemann A. *Fragranced consumer products: effects on autistic adults in the United States, Australia, and United Kingdom*. *Air Qual Atmos Health*, 2018. 11(10): p. 1137-1142
178. Steinemann A, Klaschka U. *Exposures and effects from fragranced consumer products in Germany*. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2019. 12(12): p. 1399-1404
179. Steinemann A, Nematollahi N. *Migraine headaches and fragranced consumer products: an international population-based study*. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2020. : p. 1-4
180. Institut national de prévention et d'éducation à la santé (INPES) - Ministère en charge du développement durable et Ministère en charge de la santé. *Guide de la pollution de l'air intérieur*. 2009. <http://inpes.santepubliquefrance.fr/CFESBases/catalogue/pdf/1187.pdf>
181. Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME). *Au quotidien - un air sain chez soi*. 2017
182. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). *Caractérisation des transferts de pollution de l'air extérieur vers l'intérieur des bâtiments. Avis de l'Anses et rapport d'expertise collective*. 2019. <https://www.anses.fr/fr/system/files/AIR2016SA0068Ra.pdf>
183. Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement (Cerema) et al. *GUIDE GRAND AIR - Des idées pour inspirer ceux qui aspirent à changer d'air intérieur*. 2016. https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/guide_grand_air.pdf
184. Ministère en charge de l'Environnement. *Réduction de l'exposition aux principales sources de pollution de l'air intérieur*. <https://www.ecologique-solidaire.gouv.fr/qualite-lair-interieur#e3> 21/10/2020 [Consulté le : 27/10/2020]
185. Journal officiel de la République française n°0110 du 11 mai 2017. Décret n° 2017-946 du 10 mai 2017 relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour l'utilisateur. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000034674812>
186. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). *Avis de l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail relatif à une demande d'avis sur un projet de décret relatif à l'étiquetage des produits désodorisants à combustion sur les informations de sécurité pour les utilisateurs*. Saisine n°« 2016-SA-0256 ». 2017
187. Makowski D et al. *Évaluation du poids des preuves à l'Anses: revue critique de la littérature et recommandations à l'étape d'identification des dangers*. 2016
188. Higgins JP, Green S. *Cochrane handbook for systematic reviews of interventions*. John Wiley & Sons 2011
189. Autorité européenne de sécurité des aliments (EFSA, en anglais European Food Safety Authority, EFSA). *Application of systematic review - methodology to food and feed safety assessments to support decision making*. EFSA Guidance for those carrying out systematic reviews European Food Safety Authority. *EFSA journal*, 2010. 8(6): p. 1637

190. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses) - groupe de travail « Méthodologie d'évaluation des risques » (GT MER). Illustrations et actualisation des recommandations pour l'évaluation du poids des preuves et l'analyse d'incertitude à l'Anses - Avis de l'Anses ; Rapport d'expertise collective. 2017
191. Rooney AA et al. Systematic review and evidence integration for literature-based environmental health science assessments. *Environmental health perspectives*, 2014. 122(7): p. 711-718
192. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (Anses). Méthode d'évaluation des risques sanitaires liés à la présence de substances reprotoxiques et/ou perturbatrices endocriniennes dans les produits de consommation - Rapport d'expertise collective. 2014
193. Farrow A et al. Symptoms of mothers and infants related to total volatile organic compounds in household products. *Arch Environ Health*, 2003. 58(10): p. 633-41
194. Jo W-K et al. Head-space, small-chamber and in-vehicle tests for volatile organic compounds (VOCs) emitted from air fresheners for the Korean market. *Chemosphere*, 2008. 70(10): p. 1827-1834.
195. Moreno T et al. Vehicle interior air quality conditions when travelling by taxi. *Environmental research*, 2019. 172: p. 529-542
196. Senthilkumaran S et al. Ventricular fibrillation after exposure to air freshener—death just a breath away. *Journal of Electrocardiology*, 2012. 45(2): p. 164
197. Steinemann A. Health and societal effects from exposure to fragranced consumer products. *Preventive Medicine Reports*, 2017. 5: p. 45-47
198. Elliott L, Loomis D. Car air fresheners as a source of ethnic differences in exposure to 1, 4-dichlorobenzene. *Epidemiology*, 2008. 19(1): p. 166-167
199. Goodman N et al. Evaluating air quality with and without air fresheners. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 2019. : p. 1-4
200. Liu X et al. Full-scale chamber investigation and simulation of air freshener emissions in the presence of ozone. *Environmental Science & Technology*, 2004. 38(10): p. 2802-2812
201. Jensen A, Knudsen HN. Total health assessment of chemicals in indoor climate from various consumer products. *Survey of chemical substances in consumer products*, 2006. (75)
202. Moran RE et al. Frequency and longitudinal trends of household care product use. *Atmospheric Environment*, 2012. 55: p. 417-424
203. Park S-K, Kwon J-H. The fate of two isothiazolinone biocides, 5-chloro-2-methylisothiazol-3(2H)-one (CMI) and 2-methylisothiazol-3(2H)-one (MI), in liquid air fresheners and assessment of inhalation exposure. *Chemosphere*, 2016. 144: p. 2270-2276
204. Rahman MM, Kim K-H. Potential hazard of volatile organic compounds contained in household spray products. *Atmospheric Environment*, 2014. 85: p. 266-274
205. Wason S et al. Ventricular Tachycardia Associated With Non-Freon Aerosol Propellants. *JAMA: Journal of the American Medical Association*, 1986. 256(1): p. 78
206. Klaschka U. "This perfume makes me sick, but I like it." Representative survey on health effects associated with fragrances. *Environmental Sciences Europe*, 2020. 32(1): p. 1-13
207. Lee M et al. Health risk assessment on hazardous ingredients in household deodorizing products. *International journal of environmental research and public health*, 2018. 15(4): p. 744

ANNEXES

Les Annexes sont disponibles dans un rapport complémentaire. La liste de documents intégrés est la suivante :

1. Liste de COV cibles
2. Données d'émissions en chambres d'essais & dans la maison expérimentale MARIA
3. Valeurs retenues pour caractériser la toxicité des substances mesurées dans la maison expérimentale MARIA
4. Profils toxicologiques de substances d'intérêt : Benzène – Formaldéhyde – Acétaldéhyde – Limonène – β -pinène – Acroléine
5. Sondage national sur les usages de désodorisants non-combustibles. Société Ifop. 2017
6. Paramètres des scénarios d'exposition : choix des valeurs retenues
7. Expressions de concentrations moyennes journalières (expositions chroniques) et de concentrations horaires (expositions aiguës) dans les pièces de maison, à partir des concentrations mesurées dans la maison MARIA
8. Résultats des calculs effectués au cours de l'évaluation des risques sanitaires chroniques – concentrations moyennes journalières, concentrations moyennes inhalées, indicateurs et ratios de risques – scénarios n°1
9. Résultats des calculs effectués au cours de l'évaluation des risques sanitaires chroniques – concentrations moyennes journalières, concentrations moyennes inhalées, indicateurs et ratios de risques – scénarios n°2
10. Résultats des calculs effectués au cours de l'évaluation des risques sanitaires chroniques – concentrations moyennes journalières, concentrations moyennes inhalées, indicateurs et ratios de risques – scénarios n°3
11. Résultats des calculs effectués au cours de l'évaluation des risques sanitaires liés à des expositions de courte durée – concentrations, ratios de risque
12. Analyse des indicateurs de risque calculés pour les expositions chroniques liés aux scénarios 3
13. Revue de la littérature scientifique - Méthode retenue et application pour l'évaluation des risques sanitaires (ERS)

INDEX DES TABLEAUX ET FIGURES

TABLEAUX

Tableau 1 : Présentation des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS.....	13
Tableau 2 : Caractéristiques des huiles essentielles utilisées.....	14
Tableau 3 : Compositions des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS fournies par les fabricants.....	15
Tableau 4 : Protocole d'analyse de la composition des désodorisants non combustibles du panel PRESSENS	17
Tableau 5 : Caractéristiques des référentiels normatifs sur les produits de construction et les désodorisants combustibles.....	25
Tableau 6 : Organisation des essais en chambre d'émissions.....	27
Tableau 7 : Techniques de prélèvements et d'analyses mises en œuvre pour la caractérisation des émissions de polluants gazeux par les désodorisants non combustibles	28
Tableau 8 : Comparaison des facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les désodorisants non combustibles PR1 et PR2, en chambre d'essai d'émissions ...	32
Tableau 9 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions	33
Tableau 10 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions	33
Tableau 11 : Facteurs d'émissions spécifiques du benzène par les sprays, en chambre d'essai d'émissions.....	33
Tableau 12 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions	34
Tableau 13 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions	34
Tableau 14 : Facteurs d'émissions spécifiques du formaldéhyde par les sprays, en chambre d'essai d'émissions	34
Tableau 15 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions	35
Tableau 16 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions	35
Tableau 17 : Facteurs d'émissions spécifiques de l'acroléine par les sprays, en chambre d'essai d'émissions.....	35
Tableau 18 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les diffuseurs passifs, en chambre d'essai d'émissions	36
Tableau 19 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les diffuseurs actifs, en chambre d'essai d'émissions	36
Tableau 20 : Facteurs d'émissions spécifiques des terpènes par les sprays, en chambre d'essai d'émissions.....	36
Tableau 21 : Facteurs d'émissions spécifiques des particules PM ₁₀ par les sprays, en chambre d'essai d'émissions	37
Tableau 22 : Techniques de prélèvements et d'analyses mises en œuvre pour la caractérisation des émissions de polluants gazeux et particuliers par les désodorisants non combustibles	40

Tableau 23 : Valeurs caractérisant la toxicité de plusieurs substances d'intérêt	54
Tableau 24 : Scénarios d'expositions génériques, pour chaque type de désodorisants non-combustibles	57
Tableau 25 : Volume et temps passé pour chaque pièce considérée, retenus pour l'ERS.....	58
Tableau 26 : Concentrations moyennes inhalées dans la maison considérée (CMIMa, en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour plusieurs substances d'intérêt – scénarios n°2	59
Tableau 27 : Expositions aiguës dans les pièces de la maison considérée ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) pour plusieurs substances d'intérêt	61
Tableau 28 : Evaluations d'expositions existantes dans la littérature scientifique, pour certaines substances d'intérêt (entre parenthèses sont précisés le nombre de désodorisants non combustibles testés selon leur forme).....	75
Tableau 29 : Evaluations de risques existantes dans la littérature scientifique.....	78

FIGURES

Figure 1 : Organisation du projet de recherche PRESSENS	11
Figure 2 : Illustrations des techniques de préparation des échantillons de désodorisants non combustibles pour l'analyse de leur composition liquide : a) solide/liquide via ultrasons, b) liquide / liquide et c) HiSorb®.....	16
Figure 3 : Micro-chambres d'essais d'émission (μCTE , MARKES)	16
Figure 4 : Répartition des COV identifiés lors des analyses de composition.....	19
Figure 5 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR1 (a), PR2 (b), PR3 (c) et PR4 (d)	20
Figure 6 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR5 (a), PR6 (b), PR7 (c) et PR8 (d)	21
Figure 7 : Compositions liquides des désodorisants non combustibles PR9 (a), PR10 (b), PR11 (c) et PR12 (d).....	22
Figure 8 : Composition liquide des désodorisants non combustibles PR13 (a), PR14 (b), et PR15 (c).....	23
Figure 9 : Enceinte VCE1000 (LCE), (a-1) ouverte, (a-2) fermée, (b) schéma général [34]	26
Figure 10 : Répétabilité des essais – Emissions de benzène par le désodorisant non combustible PR8, en chambre d'essai d'émissions.....	31
Figure 11 : Répétabilité des essais – Emissions de formaldéhyde, monoterpènes et acroléine par le désodorisant non combustible PR8, en chambre d'essai d'émissions	31
Figure 12 : Ecart-types relatifs des facteurs d'émissions unitaires du benzène, des terpènes, du formaldéhyde et de l'acroléine, pour les désodorisants non combustibles du panel PRESSENS testés.....	32
Figure 13 : Emissions de particules lors de l'utilisation du spray automatique PR15 en chambre d'essai	37
Figure 14 : Maison expérimentale MARIA du CSTB, Champs-sur-Marne.....	39
Figure 15 : Illustrations de quelques essais réalisés dans la maison MARIA	41
Figure 16 : Mesure du formaldéhyde dans la chambre expérimentale MARIA durant l'essai sur le diffuseur PR1	41
Figure 17 : Mesure des monoterpènes dans la chambre expérimentale MARIA durant l'essai sur le diffuseur PR3.....	42

Figure 18 : Concentrations moyennes en benzène pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)	43
Figure 19 : Concentrations moyennes en formaldéhyde pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)	44
Figure 20 : Concentrations moyennes en acroléine pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)	45
Figure 21 : Concentrations moyennes en limonène pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs passifs (bleu), les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune)	46
Figure 22 : Concentrations moyennes en particules $\text{PM}_{2,5}$ pendant les 2 premières heures de l'essai ($\mu\text{g.m}^{-3}$) pour les diffuseurs actifs (orange) dont les sprays (jaune).....	47
Figure 23 : Emissions de particules dans la maison MARIA lors de l'utilisation du spray PR13...	48
Figure 24 : Emissions de particules dans la maison MARIA lors de l'utilisation du diffuseur PR10	48

SIGLES ET ACRONYMES

ADEME	Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie
AEE	Agence européenne pour l'environnement
AFPIA	Association pour la Formation Professionnelle dans les Industries de l'Ameublement
AFSSET	Agence française de sécurité sanitaire de l'environnement et du travail, intégrée dans l'Anses depuis le 1er juillet 2010.
ANSES	Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail
AS	A Seuil (effets)
ATSDR	Agency for Toxic Substances and Disease Registry - Agence Américaine des Substances Toxiques et du Registre des Maladies
BTEX	Benzène, Toluène, Éthylbenzène, Xylènes
CAA	Concentration Admissible dans l'Air
CLI	Concentration limite d'intérêt
CMI	Concentrations Moyennes Inhalées – concentration caractérisant l'exposition par inhalation
COSV	Composés Organiques Semi Volatils
COV	Composé Organique Volatil
COVNM	Composés Organiques Volatils Non Méthaniques
COVT	Composés Organiques Volatils Totaux
CSTB	Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
DGPR	Direction Générale de la Prévention des Risques
DGS	Direction générale de la santé
DNPH	2,4-dinitrophénylhydrazine – composé utilisé pour la mesure de concentrations en aldéhydes dans l'air
EFSA	European Food Safety Authority - Autorité européenne de sécurité des aliments
EPHECT	Projet européen intitulé Emissions, Exposure Patterns and Health Effects of Consumer Products in the European Union, soit en français Émissions, types d'exposition et effets sanitaires des produits de consommation dans l'Union Européenne
EQRS	Evaluation Quantitative des Risques Sanitaires
ERI	Excès de Risque Individuel
ERS	Evaluation des Risques Sanitaires
ERU	Excès de Risque Unitaire
ERUi	Excès de Risque Unitaire pour la voie inhalation
FDTE	Fiches de Données Toxicologiques et Environnementales de l'Ineris
HCSP	Haut Conseil de la Santé Publique
Ineris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
InVS	Institut de Veille Sanitaire
IR	Indice de Risque
LCE	Laboratoire de Chimie de l'Environnement
LD	Limite de Détection

LQ	Limite de Quantification
MTE	Ministère de la Transition écologique (MTE) – nom officiel du ministère en charge de l'environnement, à la date de rédaction de la présente étude
ND	Non détecté
NE	Non exploitable
NO₂	Dioxyde d'azote
NO_x	Oxydes d'azote
OEHA	Office of Environmental Health Hazard Assessment - Bureau Américain pour l'Évaluation des Dangers en Santé Environnementale
OMS	Organisation Mondiale de la Santé
OQAI	Observatoire de la Qualité de l'Air Intérieur
PDMS	Polydiméthylsiloxane
PM	Particulate Matter, matière particulaire en suspension. Les PM ₁₀ sont les particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 10 µm. Les PM _{2,5} sont les particules de diamètre aérodynamique médian inférieur à 2,5 µm
QD	Quotient de Danger
Risque Chronique	Risque lié à une exposition d'intensité faible et de longue durée (supérieure à un an). On distingue souvent le risque chronique du risque accidentel, lié à une exposition de forte intensité sur une durée courte
RIVM	Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu - Institut national de santé publique des Pays-Bas
Scénarios d'exposition	Ensemble d'hypothèses portant sur les usages, le comportement, l'environnement, etc. de la personne considérée, permettant d'évaluer son exposition dans le cadre d'une ERS
SER	Specific Emission Rate – Facteur d'émission spécifiques
SMPS	Scanning Mobility Particle Sizer
SS	Sans Seuil (effets)
TRA	Taux de Renouvellement d'Air
US EPA	United States Environmental Protection Agency - Agence américaine de protection de l'environnement
VGAI	Valeurs Guides de qualité d'Air Intérieur. Une VGAI peut correspondre à une exposition chronique (« VGAI long terme ») ou à une exposition de courte durée (« VGAI court terme »)
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek – Institut flamand de recherche technologique
VTR	Valeur Toxicologique de Référence

L'ADEME EN BREF

À l'ADEME - l'Agence de la transition écologique - nous sommes résolument engagés dans la lutte contre le réchauffement climatique et la dégradation des ressources.

Sur tous les fronts, nous mobilisons les citoyens, les acteurs économiques et les territoires, leur donnons les moyens de progresser vers une société économe en ressources, plus sobre en carbone, plus juste et harmonieuse.

Dans tous les domaines - énergie, air, économie circulaire, gaspillage alimentaire, déchets, sols, etc., nous conseillons, facilitons et aidons au financement de nombreux projets, de la recherche jusqu'au partage des solutions.

À tous les niveaux, nous mettons nos capacités d'expertise et de prospective au service des politiques publiques.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle du ministère de la Transition écologique et solidaire et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation.

LES COLLECTIONS DE L'ADEME



FAITS ET CHIFFRES

L'ADEME référent : Elle fournit des analyses objectives à partir d'indicateurs chiffrés régulièrement mis à jour.



CLÉS POUR AGIR

L'ADEME facilitateur : Elle élabore des guides pratiques pour aider les acteurs à mettre en œuvre leurs projets de façon méthodique et/ou en conformité avec la réglementation.



ILS L'ONT FAIT

L'ADEME catalyseur : Les acteurs témoignent de leurs expériences et partagent leur savoir-faire.



EXPERTISES

L'ADEME expert : Elle rend compte des résultats de recherches, études et réalisations collectives menées sous son regard.



HORIZONS

L'ADEME tournée vers l'avenir : Elle propose une vision prospective et réaliste des enjeux de la transition énergétique et écologique, pour un futur désirable à construire ensemble.

COMPOSES VOLATILS ET PARTICULAIRES EMIS PAR DES DESODORISANTS NON COMBUSTIBLES

Le projet PRESSENS s'est intéressé à l'impact des polluants volatils et particuliers émis lors de l'utilisation de désodorisants non combustibles, sur la qualité de l'air intérieur et l'exposition des occupants.

Les résultats des analyses comparatives de la composition liquide et de la fraction organique volatilisable, réalisées sur quinze désodorisants non combustibles, ont montré que ces deux types d'analyses étaient nécessaires pour disposer d'indications fiables concernant la composition globale de ces produits.

Un protocole robuste et fiable d'évaluation des émissions de composés volatils et particuliers par des désodorisants non combustibles a été élaboré, permettant la détermination des facteurs d'émissions spécifiques d'une dizaine de diffuseurs.

Enfin, une campagne de mesure des émissions en conditions réalistes, ainsi qu'une évaluation des risques sanitaires liés à l'utilisation de désodorisants non combustibles ont été menées et ont permis d'identifier les substances émises les plus préoccupantes, puis d'apprécier les enjeux sanitaires associés.

Des recommandations à destination des pouvoirs publics, des fabricants et des consommateurs ont été formulées.

Les résultats de ces travaux incitent notamment à limiter l'utilisation de désodorisants non combustibles dans les environnements intérieurs.

Les informations de composition issues des éléments mis à disposition des utilisateurs par les fabricants se sont avérées parcellaires. Afin de disposer d'indications fiables et pertinentes, il est nécessaire de réaliser une analyse (i) de la composition liquide et (ii) de la fraction organique volatilisable.

Un protocole robuste d'évaluation des émissions de composés volatils et particuliers associant des scénarios spécifiques de mise en œuvre et une métrologie adaptée a été développé.

Les niveaux d'émissions observées sont apparus très variables au sein d'une catégorie, ainsi qu'au sein d'une typologie. De plus, pour un même désodorisant non combustible évalué, une hétérogénéité des émissions est également parfois notée.

